

**CIHM
Microfiche
Series
(Monographs)**

**ICMH
Collection de
microfiches
(monographies)**



Canadian Institute for Historical Microreproductions / Institut canadien de microreproductions historiques

© 1991

PC 89

VOYAGE

AU

LAC SUPÉRIEUR

↔
PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET C.
Rue Racine 25, près de l'Odéon.
↔

5

VOYAGE
AU
LAC SUPÉRIEUR

PAR
M. L.-E. RIVOT,
INGÉNIEUR DES MINES, PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES MINES.

Extrait des *Annales des mines*, tome VII, page 173.

PARIS.
VICTOR DALMONT, ÉDITEUR,
Successeur de Carilian-Gœury et V^{or} Dalmont,
LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, 49.

—
1855

so
la
gis
cer
cet
les
me
fer
des
d'in
les
dit
tab
et t
tem
L
s'ét

VOYAGE AU LAC SUPÉRIEUR,

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

PRÉFACE.

L'Amérique du Nord est admirablement partagée sous le rapport des richesses minérales; à l'occident la Californie et les territoires voisins possèdent des gisements d'or et de mercure dont la découverte récente a retenti dans le monde entier; à l'orient, cette partie de l'Amérique, qu'on pourrait appeler les vieux États de l'Union, renferme des dépôts immenses d'anthracite et de houille, des minerais de fer, de cuivre, de zinc, de plomb, de sel gemme, des gisements d'argent et d'or. Le sol est couvert, sur d'immenses étendues, de forêts encore vierges, dans lesquelles les défrichements pénètrent avec une rapidité incroyable. La configuration du sol a permis d'établir en peu de temps des moyens de transport faciles et très-économiques, ce qui, en Europe, eût exigé un temps si long et des dépenses si grandes.

La formation carbonifère, à l'est des Alleghanies, s'étend depuis le nord de la Pensylvanie jusqu'à l'Ala-

Combustibles
minéraux.

bama, et présente des couches nombreuses et puissantes d'excellent combustible, d'anthracite n'éclatant pas au feu, de houille grasse et de houille maigre. Les fleuves, les grands lacs, les canaux et les chemins de fer permettent de les transporter, avec des frais peu élevés, dans toutes les parties des États-Unis.

La même formation est constatée à l'ouest des Alleghanies, dans l'Illinois, l'Iowa et le Missouri, et probablement elle se continue jusque dans l'Arkansas, recouverte en partie par des terrains plus modernes. L'existence d'un bassin houiller a même été constatée dans l'État de Michigan, mais jusqu'à présent le charbon qu'il produit ne paraît pas être de bonne qualité. — Dans ce vaste développement du terrain carbonifère, qui assure pour l'avenir la richesse industrielle de l'Amérique, les mines de Pensylvanie sont seules exploitées maintenant avec activité : — elles fournissent le combustible minéral aux villes du littoral et de l'intérieur (1).

Minéral de fer.

Les terrains houillers de l'est et de l'ouest contiennent des couches puissantes de fer carbonaté, dans la Pensylvanie, l'Ohio, le Tennessee, la Virginie, l'Alabama, etc... — Ces minerais sont riches, de bonne qualité, et produisent de très-bon fer.

Les minerais de fer de toute nature et de toute qualité se trouvent en dépôts considérables dans les formations géologiques qui constituent le sol des États de l'Union; ils sont à proximité des terrains carbonifères ou des immenses forêts vierges, et souvent à peu de distance des matériaux réfractaires. Aussi, sous le rap-

(1) A Boston et à New-York, le prix du bon charbon de Pensylvanie était de 25 à 30 francs par tonne en 1853; il a monté en 1854 jusqu'à 40 et 42 francs.

port des matières premières, la fabrication de la fonte et du fer est dans les conditions les plus favorables.

Le haut prix de la main-d'œuvre, l'absence d'ouvriers spéciaux, le défaut d'ingénieurs instruits dans cette fabrication difficile, forment la contre-partie de ces avantages, et les usines américaines réclament encore des droits protecteurs, qui leur permettent de lutter contre la concurrence anglaise. Sous l'empire des droits actuels, l'Angleterre peut expédier des quantités considérables de fonte et de fer en Amérique, dans ce pays d'une richesse incomparable en forêts, en combustibles minéraux et en minerais de fer.

Cette situation anormale se prolongera peut-être longtemps encore, car le prix de la main-d'œuvre est loin de tendre à s'abaisser; le développement toujours croissant des entreprises industrielles de toute nature aura plutôt pour résultat d'élever progressivement le salaire des ouvriers spéciaux.

Les minerais de plomb se trouvent principalement dans l'Illinois, l'Iowa, le Missouri, le Wisconsin, et paraissent former des gisements très-importants. Leur exploitation n'est pas poussée très-activement, en raison peut-être du petit nombre d'habitants qui se sont fixés dans ces contrées lointaines.

Minerais
de plomb

Cependant cette raison n'est pas la seule, car les gisements de galène de l'État de New-York ne sont pas non plus en exploitation active. La galène peu argentifère n'a pas une valeur assez grande pour donner des bénéfices considérables et immédiats, qui sont le but de presque toutes les entreprises américaines. Dans ces dernières années l'Europe a fourni à l'Amérique du Nord des quantités importantes de plomb.

Les États-Unis ne produisent encore que peu de zinc; Minerais de zinc.

cependant les minerais sont abondants : la calamine, la brucite, la blende existent en filons et en amas considérables dans l'Illinois et le New-Jersey, et probablement dans plusieurs autres États. L'attention des industriels commence à se porter sur ces gisements ; dans un avenir assez rapproché plusieurs usines seront probablement construites et pourront produire tout le métal consommé dans l'Union.

Or.

L'or existe en filons et dans les alluvions en Californie ; la Virginie et la Caroline en renferment des dépôts moins importants, dans lesquels sont faites des explorations très-actives.

Sel gemme.

Le sel gemme est produit en abondance par l'État de New-York, et des sources très-chargées de sel ont été découvertes depuis longtemps à Onondaga.

Cuivre.

Les minerais de cuivre sont exploités dans l'État de New-York, dans la Caroline, dans la Virginie ; ce sont des cuivres pyriteux assez riches et très-purs. Ils sont fondus, en même temps que des minerais achetés à l'étranger, dans l'usine de Boston.

Leur importance disparaît devant celle des gisements de cuivre et d'argent natifs du lac supérieur, exploités depuis dix ans, et qui produiront en 1855 plus de trois mille tonnes de cuivre.

Les mines de cuivre du lac supérieur ont été l'unique objet de mon voyage ; aussi dans mon mémoire je m'occuperai seulement de cette partie de la richesse minérale des États-Unis.

min
plu
rab
mes
Leu
par
par
blai
ont
L
race
tion
déta
de p
rend
pas o
celle
Or
siècl
sur l
périe
L'o
par le
qui s'
des P
qu'en

INTRODUCTION.

Historique.

Les tribus indiennes paraissent avoir exploité les mines de cuivre du lac Supérieur depuis les temps les plus reculés; elles ont enlevé des quantités considérables de ce métal, qu'elles employaient pour leurs armes, pour leurs armements et comme objet d'échange. Leurs travaux ont été mis progressivement à découvert par les exploitants actuels; leur antiquité est constatée par l'épaisseur de la terre végétale qui recouvre les déblais, et par les dimensions des arbres séculaires qui ont poussé sur ces terrains.

Les travaux anciens ont été d'abord attribués à une race différente de celle des Indiens; mais leur disposition uniforme, les procédés employés pour dégager et détacher les morceaux de cuivre, le feu et des marteaux de pierre, la certitude que les Indiens ont exploité, rendent l'hypothèse peu probable, et ne permettent pas de croire à l'existence d'une race plus éclairée que celle des Peaux-Rouges.

On trouve dans les publications faites au dix-septième siècle sur le Canada, des indications assez certaines sur l'existence du cuivre natif sur les bords du lac Supérieur, et l'exploitation de ce métal par les Indiens.

L'ouvrage le plus curieux à consulter est celui rédigé par les Pères jésuites, sous le titre : *Relation de ce qui s'est passé à la Nouvelle-France dans les missions des PP. de la Compagnie de Jésus, depuis 1632 jusqu'en 1772.*

Ces relations contiennent les notes recueillies dans les voyages des missionnaires Raymbault, Jogues, René Mesnard, Allouez, Dablon, Marquette, etc...

Ces hommes énergiques, entraînés par leur zèle religieux, n'hésitaient pas à parcourir seuls les territoires du lac Supérieur et du lac Michigan, dans le but de convertir à la religion chrétienne les habitants des forêts vierges.

Plusieurs d'entre eux devaient posséder une instruction très-avancée, car la carte du lac Tracy ou Supérieur, publiée en 1669 sur leurs indications, est d'une exactitude remarquable : nous devons admirer l'énergie indomptable que ces religieux ont montrée en parcourant seuls ces contrées sauvages, qui maintenant encore sont d'un accès difficile.

Il résulte des relations écrites par les P. P. jésuites, que les tribus indiennes venaient à certaines époques exploiter le cuivre natif sur les côtes du lac Supérieur, et que leurs chefs religieux se réservaient la direction des entreprises comme un moyen d'influence : les missionnaires rapportent un grand nombre de légendes et de traditions superstitieuses répandues parmi les Indiens, auxquels leurs chefs recommandaient le plus grand secret vis-à-vis des étrangers.

Plusieurs missions furent établies par les jésuites au Saut-Sainte-Marie, à Makinaw, à la Pointe, etc..., toutes en des localités admirablement choisies. Sur leurs indications, le gouverneur de la Nouvelle-France, M. de Tallon, fit prendre possession de tous les territoires au nom du roi. Cette cérémonie fut accomplie au mois de mai 1671, au Saut-Sainte-Marie, par M. de Lussan, en présence du Père Marquette et d'une nombreuse réunion des tribus indiennes.

Les efforts des missionnaires, la prise de possession

VOYAGE AU LAC SUPÉRIEUR.

au nom du roi, furent complètement stériles : la contrée passa entre les mains de l'Angleterre en 1763, en même temps que le Canada ; la génération actuelle n'a conservé d'autre souvenir des Jésuites et de la France que des traditions sur les richesses en cuivre et la langue française, que les ouvriers canadiens parlent encore avec la plus grande pureté.

L'Angleterre n'eut jamais qu'une souveraineté nominale sur les terrains voisins du lac Supérieur et du lac Michigan, terrains qui furent annexés aux États-Unis après la guerre de l'Indépendance. La ligne de démarcation entre les possessions anglaises et américaines est tracée sur la carte que je joins à mon mémoire (Pl. VI). Elle coupe à peu près par la moitié les lacs Ontario, Érié, Huron et Supérieur.

Beaucoup de voyageurs ont parcouru le Canada et ont pu recueillir des renseignements sur les richesses minérales exploitées par les Indiens sur les bords du grand lac. Le baron de la Houton, le professeur suédois Peter Kalm, Charlevoix, Hennepin, Hériat, Henry, etc., ont publié des relations plus ou moins exactes des mines de cuivre du lac Supérieur, que cependant ils n'ont point tous visité. On doit remarquer particulièrement les voyages de Henry, publiés à New-York en 1809.

Henry, négociant anglais, fit plusieurs voyages au lac Supérieur, et dirigea deux tentatives d'exploitation, l'une en 1772 dans la contrée d'Ontonagon, l'autre en 1773 sur la rive nord du lac. Ces travaux n'ont donné aucun résultat ; mais il est important de constater que la première tentative d'exploitation des mines de cuivre a été faite par un Anglais.

Henry parle dans ses relations de voyages d'une masse de cuivre en évidence sur les bords de la rivière Ontonagon, et connue sous le nom de Copper-Rock.

Elle a été transportée dernièrement à Washington devant le département de la guerre.

L'existence de l'argent natif n'avait pas échappé à la sagacité de Henry, qui la signale dans ses mémoires. — Après la prise de possession par les Américains, l'attention du gouvernement se porta vers ces régions, que les relations des voyageurs présentaient comme étant d'une richesse extraordinaire en cuivre et en argent. Deux explorations furent ordonnées successivement par le département de la guerre : l'une conduite par le général Cass, en 1819, l'autre sous la direction du major Long, en 1823.

Toutes les deux eurent pour objet l'étude des rives méridionales du lac Supérieur et les bords du Mississipi.

Les résultats obtenus ont été publiés dans le recueil scientifique *American Journal of science*, en 1821 et en 1824.

Ces deux expéditions constatèrent l'existence du cuivre et de l'argent sur les bords du lac Supérieur, mais en même temps posèrent la conclusion que le pays était trop éloigné de toutes les contrées habitées pour que les mines pussent être exploitées immédiatement.

Le gouvernement des États-Unis n'a pas perdu de vue les richesses minérales du lac Supérieur ; convaincu que, par les chemins de fer, les canaux et la navigation à vapeur sur les grands lacs, les communications deviendraient faciles, il a conclu successivement plusieurs traités avec les tribus indiennes pour l'abandon de tous les terrains depuis le Saut-Sainte-Marie jusque bien au delà de Fond-du-Lac.

Ces traités sont datés de 1836, 1837, 1843, 1854 ; les trois premiers sont déjà mis à exécution ; on peut parcourir toute la partie maintenant explorée du lac Supérieur sans rencontrer un seul Indien.

En 1841, l'attention des Américains fut appelée sur les mines de cuivre de ce pays par M. Douglas Houghton, géographe de l'État de Michigan. Après avoir fait plusieurs explorations de la côte méridionale, ce savant distingué put présenter à la législation de l'État de Michigan, le 1^{er} février 1841, un rapport esquissant les principaux traits de la contrée, démontrant sa richesse minérale et la nécessité de dresser les cartes géographique et géologique.

Chargé de ce travail important, il le dirigea de manière à faire en même temps les deux cartes; mais il ne put malheureusement les achever: il périt dans une tempête sur les bords du lac, le 13 octobre 1847.

Après sa mort, la carte géographique fut achevée: le gouvernement chargea de la carte géologique M. le docteur Ch.-T. Jackson, et ensuite MM. J.-W. Foster et J.-D. Whitney, ayant sous leur direction de nombreux assistants. Les rapports et la carte ont été publiés en 1850 et 1851.

Depuis 1842, plusieurs compagnies américaines ont commencé des explorations, en vertu de permissions délivrées par le département de la guerre, sous la protection d'un détachement de troupes, établi au fort Wilkins, à Copper-Harbor, protection rendue bientôt inutile par l'abandon complet du pays par les Indiens.

Le nombre des explorateurs augmenta rapidement; et quand le 6 mai 1846, le gouvernement se décida à supprimer les permis de recherche pour vendre les terrains par lots, à mesure que les travaux des cartes géographique et géologique étaient suffisamment avancés, plus de mille permis avaient été délivrés, et les recherches commencées sur neuf cent soixante et une parties.

Les travaux faits jusqu'en 1846 et même plus tard, entrepris au hasard, sans aucune connaissance du vé-

ritable mode de gisement du cuivre, avec la persuasion que ce métal était répandu partout en grande abondance, ont absorbé des sommes énormes, et n'ont donné d'heureux résultats que pour un très-petit nombre de compagnies.

La carte géologique, en délimitant exactement les terrains, en faisant connaître le mode de gisement du cuivre, en discutant les bons et les mauvais résultats obtenus, a permis de diriger les recherches avec plus de certitude, et a rendu un immense service aux exploitants. Il est maintenant possible de distinguer les filons qui méritent une exploration sérieuse, bien qu'il ne soit pas encore permis de reconnaître, aux caractères présentés par les affleurements des filons, ceux qui sont très-riches en cuivre dans la profondeur.

Au moment actuel, toutes les parties du terrain métallifère, c'est-à-dire celles dans lesquelles les filons peuvent être productifs, ont été vendues à des particuliers ou à des compagnies à un prix extrêmement minime, sous la condition de payer à l'État de Michigan 1 dollar, soit 5 fr. 25, par tonne de cuivre pur contenu dans les produits des mines en exploitation.

De nombreuses compagnies se sont mises sérieusement à l'œuvre, ont dépensé et dépensent encore des sommes considérables; mais la plus grande partie des terres vendues par l'État est à peine explorée, et plusieurs compagnies, possédant de vastes étendues de terrains métallifères, se bornent à faire les travaux nécessaires pour constater l'existence des filons; elles cherchent à les revendre à des prix élevés, soit à des sociétés américaines, soit à des sociétés étrangères.

La production du cuivre natif de toutes les mines du lac a dépassé deux mille tonnes en 1854, et très-probablement s'élèvera à plus de trois mille tonnes en

1855 : résultat qui doit surprendre vivement, si l'on considère les difficultés que présente l'exploitation dans un pays encore couvert de forêts vierges, si éloigné des contrées habitées, exploré depuis si peu de temps.

Le lac Supérieur a été le sujet de plusieurs publications intéressantes, et qui m'ont été d'un grand secours pour le travail que j'ai entrepris. Je crois devoir en donner la liste :

Publications
faites sur le lac
Supérieur

Message du président des États-Unis aux deux chambres du Congrès, au commencement de la session du 31^e Congrès. 24 décembre 1849.

Ce livre contient les journaux de voyage des géologues chargés, sous la direction de M. le Dr Jackson, de dresser la carte géologique, avec toutes les observations météorologiques et barométriques qui ont été faites ; il est accompagné par les cartes détaillées des différentes parties du lac Supérieur.

Rapport sur la géologie et la topographie d'une partie du lac Supérieur, par M. J.-W. Foster et J.-D. Whitney. — 1850 et 1851, avec les cartes de tout le lac.

On trouve dans ce rapport la description géologique détaillée de toute la partie américaine du lac, et des renseignements sur les principales mines en exploitation.

Lac Supérieur ; ses caractères physiques, sa végétation et sa Faune, par Louis Agassiz ; avec une Narration du voyage, par M. J. Elliot Cabot. — Boston, 1850.

Ce livre rend compte du voyage scientifique de M. L. Agassiz sur les côtes orientale et septentrionale du lac : il renferme des détails géologiques intéressants, principalement sur les phénomènes erratiques ; mais il ne contient aucun renseignement sur les mines de cuivre. Le but principal du voyage de M. Agassiz a été l'étude de la faune et de la flore du lac Supérieur ; et sous ces

deux points de vue son travail est complet et des plus remarquables.

La Richesse minérale des États-Unis, par M. J.-D. Whitney. — Philadelphie, 1854.

L'auteur fait connaître dans cet ouvrage l'état véritable de l'industrie minérale dans toute l'étendue de l'Union ; il met en évidence l'importance des différentes mines, et complète son travail par la comparaison des gisements de l'Amérique avec ceux des mêmes minerais en Europe (1).

Dans le voyage que je viens de faire au lac Supérieur, j'ai pu parcourir presque toute la pointe de Keweenaw, depuis son extrémité jusqu'à la mine de Cliff-Mine, et la contrée d'Ontonagon dans toute la partie dans laquelle les mines sont exploitées activement. J'ai pu étudier assez complètement, dans un temps relativement très-court, les mines en exploitation, les travaux d'exploration commencés, et me faire une idée assez exacte de la disposition géologique des terrains. J'en suis redevable à la bienveillance et à l'activité infatigable de M. Stevens, qui m'a servi de guide dans toutes mes excursions, ainsi qu'à la complaisance des directeurs et ingénieurs des mines du lac Supérieur, qui m'ont facilité de tout leur pouvoir la visite de leurs travaux. Je les prie de recevoir ici mes remerciements les plus sincères.

La description que je donne de la situation géographique et géologique des différents modes de gisement

(1) M. Logan vient d'achever une partie de la carte géologique du Canada, comprenant les rives anglaises du lac Supérieur. Cette carte et les nombreuses publications de M. Logan sur le même sujet présentent un intérêt très-grand, en mettant en évidence la relation des terrains du lac Supérieur avec ceux des contrées voisines.

du cuivre, des mines en exploitation, est le résumé de ce que j'ai vu, des renseignements que j'ai pris dans mon voyage, et de ce qui a été publié jusqu'à présent. Il m'aurait été impossible de distinguer ce que j'ai vu de ce que j'ai lu, sans entrer dans des discussions inutiles; mais je tiens à bien constater que j'ai fait de nombreux emprunts aux publications antérieures à la mienne, tout en conservant mon indépendance et ma façon particulière d'envisager les questions scientifiques et industrielles.

Mon mémoire est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier, j'expose la situation géographique du lac Supérieur.

Le second est consacré à la constitution géologique de la pointe de Keweenaw et de la contrée d'Ontonagon.

Le troisième contient la description des différents modes de gisement du cuivre et de l'argent.

Dans le dernier, je présente des considérations générales sur la situation des principales mines exploitées, et sur la production du lac Supérieur.

Division
du mémoire.

CHAPITRE PREMIER.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU LAC SUPÉRIEUR.

PL. VI et VIII.

Le lac Supérieur est situé entre le 46° et le 48° degré de latitude et les 84° et 92° degrés de longitude ouest. Il a près de 600 kilomètres de longueur de l'est à l'ouest ; sa plus grande largeur, du nord au sud, atteint 267 kilomètres. Son niveau est plus élevé de 198 mètres que celui de l'Océan, et sa profondeur, assez irrégulière, dépasse 300 mètres en plusieurs points. Ses eaux, douces et parfaitement limpides, se maintiennent, même pendant l'été, à une température assez basse : elles contiennent des poissons excellents, dont la pêche fera probablement, dans un petit nombre d'années, la base d'un commerce actif.

Le lac Supérieur est le plus septentrional, le plus élevé et le plus grand des lacs : Supérieur, Michigan, Huron, Érié, dont les eaux passent par la chute du Niagara dans le lac Ontario, et de là dans le fleuve Saint-Laurent.

Les hauteurs moyennes de ces différents lacs au-dessus du niveau de la mer sont :

Lac Supérieur.	198 ^m ,00
Lac Michigan.	182 ^m ,65
Lac Huron.	182 ^m ,64
Lac Érié.	178 ^m ,54
Lac Ontario.	73 ^m ,31

Sainte-Marie.

Les deux lacs Supérieur et Huron communiquent par un canal assez large, parsemé d'îles nombreuses, et désigné sous le nom de rivière Sainte-Marie. Elle

présente, auprès de la ville du Saut-Sainte-Marie, des rapides qui interrompent la navigation, et que les Canadiens se hasardent seuls à descendre dans des pirogues en écorce. Au-dessus des rapides, le courant de la rivière est peu sensible, mais au-dessous il est très-fort dans les endroits où les rives sont rapprochées. Les grands navires à vapeur éprouvent des difficultés à suivre le chenal souvent peu profond, et touchent assez fréquemment sur le sable.

La ville du Saut-Sainte-Marie, située au pied des rapides, est bâtie sur l'emplacement d'un ancien village indien et de la Mission des jésuites, nommée Sainte-Marie-du-Sault. Elle doit son importance à l'activité des explorations de mines et à sa position, qui lui permet de servir d'entrepôt entre les ports du lac Érié et Détroit et le lac Supérieur.

Tous les objets nécessaires à la vie et aux travaux des mines arrivent au Saut-Sainte-Marie, et sont transportés par terre, sur un chemin de fer, jusqu'au-dessus des rapides, et là sont embarqués sur les navires à vapeur qui font le service du lac Supérieur. De même les produits des mines sont déchargés au-dessus des rapides, et sont amenés par le chemin de fer jusqu'aux quais de la ville. Le chemin de fer a plus de 1,600 mètres de longueur, et rend les transports assez économiques, mais le chargement et le déchargement aux deux extrémités sont extrêmement onéreux. Cette condition défavorable va bientôt cesser : une compagnie anglaise, propriétaire de vastes terrains dans la région métallifère du lac, a construit un canal long de 1,600 mètres, avec une seule écluse, dont les dimensions sont appropriées aux proportions gigantesques des bateaux à vapeur des lacs. Dès le mois de juin 1855, le canal doit être ouvert à la navigation et permettra aux grands na-

vires du lac Érié de pénétrer jusqu'aux ports de la pointe de Keweenaw. Il en résultera pour les entreprises de mines une impulsion très-vive, non-seulement par l'abaissement des frais de transport, mais encore et surtout par la plus grande activité de la navigation. Les arrivages seront faciles, tandis que maintenant ils sont fort incertains et très-irréguliers.

Makinaw.

Les deux lacs Huron et Michigan, dont le niveau est sensiblement le même, communiquent entre eux par le large détroit de Makinaw. La navigation à vapeur et à voiles est extrêmement active sur ces deux lacs, bien que leurs bords soient presque inhabités.

Entre Chicago, au fond du lac Michigan, et les ports du lac Érié, les navires de toute dimension font une concurrence heureuse au chemin de fer, preuve bien évidente du développement inouï que prennent les défrichements dans l'Ouest.

Détroit.

La rivière de Détroit, assez large et profonde, réunit le lac Huron au lac Érié : son courant est peu rapide, en raison de la faible différence de niveau des deux lacs. Vers le milieu de la rivière, le lac Saint-Clair présente de grands obstacles à la navigation. Ses eaux sont peu profondes, et dans les passes tortueuses et difficiles les bâtiments ne rencontrent pas plus de 2 à 3 mètres d'eau. Il faut ajouter encore que le chenal est assez mal indiqué et souvent obstrué par des centaines de navires.

Les grands bateaux à vapeur, jaugeant deux mille tonnes et plus, qui naviguent entre les ports du lac Érié, le Saut-Sainte-Marie et Chicago, s'échouent très-fréquemment dans le lac Saint-Clair; ces accidents sont peu dangereux en raison de la nature du fond (sable très-peu argileux); mais ils causent des pertes de temps considérables.

Le mouvement commercial de l'ouest occupe plu-

sieurs milliers de navires, tandis que le chemin de fer qui traverse le Canada, de Buffalo et Niagara à Détroit, et le grand chemin de l'ouest de Détroit à Chicago, transportent trois fois par jour des centaines de voyageurs.

Le chemin de Détroit à Chicago est déjà prolongé au delà de cette ville, et s'avance constamment vers les bords du Pacifique, qu'il doit atteindre un jour, bientôt peut-être, si l'on en croit l'impatience des pionniers américains. On parle aussi d'un projet d'embranchement vers le nord, à travers le Wisconsin, jusqu'à la ville d'Ontonagon, sur la rive méridionale du lac Supérieur.

Chemins de fer

Si l'on réfléchit à ce que les Américains ont déjà fait pour la navigation à vapeur, les chemins de fer et les canaux, on ne peut traiter de chimères les projets gigantesques; on doit croire au contraire qu'ils seront prochainement mis à exécution.

Les chutes de Niagara, justement célèbres comme les plus grandioses qui existent dans le monde, opposent un obstacle infranchissable à la navigation entre les lacs Erié et Ontario. La communication directe n'a du reste aucune importance, car des voies de transport économiques et rapides, des canaux à large section et des chemins de fer relient Buffalo et Cleveland aux villes de l'intérieur et du littoral.

Pour aller de New-York au lac Supérieur on peut suivre deux routes différentes, qu'il me paraît intéressant d'indiquer sommairement.

Routes
de New-York
au lac Supérieur.

La route la plus courte passe par Dunkirk et Cleveland; la distance de New-York à Cleveland est de 947 kilomètres; elle peut être franchie en chemin de fer, en vingt-six heures, pour la somme de 66 fr. 25 c. De Cleveland à Détroit et au Saut-Sainte-Marie, on compte 667 kilomètres; les bateaux à vapeur, ces palais

flottants, comme les appellent les Américains, emploient ordinairement deux jours pour le trajet, sauf les cas d'échouage, d'incendie ou autres accidents.

Du Saut-Sainte-Marie aux ports du lac Supérieur, la distance varie de 350 à 500 kilomètres. On peut les parcourir en moins de deux jours.

Le prix du passage sur les bateaux à vapeur, nourriture comprise, est très-peu élevé; on peut se rendre de Cleveland à Ontonagon pour une centaine de francs.

D'après cela, en supposant les circonstances les plus favorables, en admettant qu'on ne soit pas obligé d'attendre les départs des bateaux, on peut aller de New-York à Ontonagon, au fond du lac Supérieur, en cinq jours, et pour une somme inférieure à 200 francs.

Une seconde route, un peu plus longue mais plus pittoresque, doit être préférée par les voyageurs que des affaires pressantes ne forcent pas à se hâter. Ils doivent s'embarquer à New-York sur les bateaux à vapeur de l'Hudson, jusqu'à Albany, passer ensuite d'Albany à Buffalo, Niagara et Détroit, par le chemin de fer, et enfin s'embarquer dans cette dernière ville sur les bateaux des lacs.

La distance totale à parcourir par cette route est d'environ 200 kilomètres plus longue; il faut deux jours de plus (1) que par la première route indiquée; mais on peut visiter Buffalo, la reine du lac Érie, les chutes du Niagara et le pont suspendu, d'une hardiesse extraordinaire, sur lequel les trains du chemin de fer vont traverser la rivière à 66 mètres au-dessus de l'eau.

(1) En supposant qu'on s'arrête pour visiter Buffalo et les chutes du Niagara: autrement, le temps strictement nécessaire est le même pour les deux routes.

Pour les machines et les marchandises, la voie la plus économique est celle de l'Hudson, du canal de Buffalo et les lacs Érié, Huron et Supérieur. Le fret est assez élevé, et dépend de la nature des objets qu'il s'agit de transporter. Pour le cuivre, d'Ontonagon à New-York, le prix du transport est de 77 francs par tonne; il est de 79 fr. 50 c. pour Boston. Ces prix seront notablement diminués par l'ouverture du canal du Saut-Sainte-Marie; on évalue à 58 et 61 francs par tonne les frais de transport du cuivre à New-York et Boston pour la saison de 1855.

Ces chiffres prouvent que les entreprises de mines au lac Supérieur sont dans une assez bonne condition pour le transport de leurs produits; le cuivre a une valeur assez grande pour supporter 60 francs par tonne pour le transport de la mine au marché.

La position des compagnies est au contraire très-difficile pour les matières de première nécessité et pour les machines qu'elles doivent faire venir de Détroit, Cleveland, Chicago et New-York. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, le foin pour les chevaux et les bœufs provient de Détroit, et la farine est expédiée de Cleveland et de Chicago.

Il convient encore d'observer que la saison pendant laquelle la navigation peut être régulière ne dure pas plus de quatre à cinq mois, et que trop souvent les bateaux à vapeur, par suite d'échouages, sont obligés de jeter à l'eau tout ou partie de leur chargement: il en est résulté déjà plusieurs fois des retards de plus d'une année dans l'arrivée des machines, destinées à l'épuisement ou aux ateliers de préparation mécanique.

Je donnerai peu de détails sur la géographie du lac Supérieur, suffisamment indiquée par la carte de MM. Foster et Whitney. (Voy. Pl. VI.)

Géographie.

Les deux promontoires Gros-Cap et Pointe-aux-Iroquois forment les colonnes d'Hercule du grand lac, et marquent l'entrée de la rivière Sainte-Marie; sur la rive méridionale appartenant aux États-Unis, on doit remarquer principalement :

Le promontoire de White-Fish-Point, avec ses terrasses de sables et d'alluvions;

Les falaises de grès rouge et de grès blanc, voisines de Grand-Island, auxquelles leur apparence bariolée, résultant des alternances de couches de grès de couleurs différentes, a fait donner le nom de Pictured rocks;

La baie de Chocolate-River, près de laquelle se trouvent d'immenses dépôts de minerais de fer, exploités avec quelque activité;

La baie très-profonde, nommée Keweenaw-Bay, au nord de laquelle sont les terrains métallifères;

La langue de terre dite Keweenaw-Point, séparée presque complètement de la terre ferme par le lac du Portage;

Les montagnes élevées, Porcupine Mountains, à l'ouest de la rivière d'Ontonagon, et enfin les îles nombreuses qui environnent la pointe *Detour*, et dont le port principal a été le siège d'une ancienne mission des jésuites.

Toute la partie occidentale depuis le fond du lac jusqu'aux possessions anglaises, qui commencent à *Pigeon-River*, est à peine explorée; elle appartient à l'État de Minnesota, et les traités avec les tribus indiennes, pour l'abandon du territoire, datent seulement de 1854.

La côte septentrionale est bien plus accidentée que la rive américaine; elle présente des îles nombreuses, des baies très-profondes, et des montagnes très-élevées qui s'avancent dans le lac.

Enfin vers l'est le rivage n'offre que des baies ouvertes, dans lesquelles les navires ne pourraient pas trouver un refuge contre les tempêtes.

Deux îles, Michipicoten et île Royale, méritent de fixer l'attention : toutes les deux sont marquées sur l'ancienne carte des PP. jésuites, et désignées par eux, d'après les traditions indiennes, comme étant d'une grande richesse en cuivre natif. Ce fait n'a pas été vérifié par les explorations récentes, car les travaux sont presque abandonnés dans l'île anglaise (Michipicoten), et l'île Royale ne produit pas annuellement 40 tonnes de cuivre.

L'île Royale, plus rapprochée du Canada que de la côte méridionale, appartient à l'État de Michigan; elle est placée en regard de la pointe de Keweenaw, et présente avec elle de grandes analogies de constitution géologique. Elle possède des baies profondes et bien abritées, des ports vastes et sûrs, à ses deux extrémités et sur la côte méridionale, tandis que vers le nord le rivage est peu accidenté et présente des falaises escarpées.

Bien des filons, contenant des minerais de cuivre, du cuivre et de l'argent natifs, ont été constatés près des rives anglaises et américaines et dans les deux îles désignées précédemment; cependant l'activité des exploitations est concentrée à la pointe de Keweenaw et dans la contrée d'Ontonagon. Ce sont les deux parties du lac Supérieur qui présentent maintenant le plus grand intérêt industriel; ce sont celles qu'il importe le plus de visiter, et celles que je décrirai plus spécialement.

Il est assez curieux de constater la situation des villes et des villages établis sur la côte méridionale du lac Supérieur, à des distances comprises entre huit cents et mille kilomètres de Détroit, qui est maintenant la grande ville civilisée la plus rapprochée.

Des ports, des
villes
et des villages.

En suivant la côte de l'est à l'ouest, et partant de l'extrémité de la pointe de Keweenaw, on rencontre successivement les ports, les villes et les villages de Copper-Harbor, Agate-Harbor, Eagle-Harbor, Eagle-River, Portage, Elm et Misery-River, Ontonagon, Pewaric et la Pointe.

Copper-Harbor.

Copper-Harbor est un port assez vaste, bien abrité contre les vents du nord, du nord-ouest et du nord-est, qui soufflent trop fréquemment avec une violence inconcevable : son entrée est indiquée par un phare dont le feu peut être aperçu pendant la nuit à la distance de six à sept kilomètres.

En face l'entrée se trouve le fort Wilkins, élevé en 1844 pour le détachement de soldats destinés à protéger des Américains contre les Indiens : il est maintenant abandonné, depuis que les Peaux-Rouges ont quitté le pays.

Un petit village a été construit au fond du port, et les habitants ont commencé les défrichements : son importance deviendrait très-grande en très-peu de temps, si les filons reconnus dans la contrée voisine devenaient le siège d'une exploitation active.

Copper-Harbor est maintenant le seul port habité de toute la côte, depuis la Pointe, dans lequel les navires peuvent trouver un abri contre la tempête : il a par suite le grand avantage d'avoir sa communication assez régulière avec le Saut-Sainte-Marie pendant toute la durée de la navigation, depuis le mois de mai jusqu'à la fin du mois de novembre.

Agate-Harbor.

La baie de Agate-Harbor pourra devenir un très-beau port, son entrée est facile ; l'eau est profonde jusqu'au rivage dans toute son étendue ; plusieurs fois déjà les navires ont pu s'y réfugier pendant les gros temps, et débarquer facilement leurs passagers. Les

forêts vierges s'avancent jusqu'aux bords du lac, et les défrichements, à peine commencés par une compagnie américaine, n'ont encore aucune importance.

L'exploration de plusieurs filons de cuivre a été commencée à une faible distance d'Agate, et si les travaux sont poussés activement et conduisent à une exploitation fructueuse, la baie d'Agate verra bientôt s'élever une ville qui rivalisera avec celles de Eagle-Harbor et Eagle-River.

Dans un pays où la main-d'œuvre est aussi chère, sous un climat aussi rude que celui du lac Supérieur, le défrichement des terres fertiles ne peut suffire pour attirer les habitants; l'exploitation active des mines de cuivre peut seule déterminer la création d'une ville.

Aussi voit-on les deux véritables ports de la côte méridionale, Copper-Harbor, Agate-Harbor, le premier à peine habité et le second complètement désert, tandis que des villes assez florissantes sont établies à Eagle-River et Ontonagon, là où les navires sont exposés à toutes les fureurs des tempêtes.

L'aspect que présentent les établissements du littoral indique immédiatement l'importance des mines exploitées dans la contrée voisine.

Le port de Eagle-Harbor est petit et mal abrité contre les vents du nord : une ville déjà importante existe sur ses bords, et doit son accroissement rapide au développement qu'ont pris les travaux dans les mines de Copper-Falls, North-Western, North-West, etc...

Eagle-Harbor

La ville qui porte ce nom est construite au bord du lac, à l'embouchure de la rivière dite *Eagle-River*; elle compte déjà plus de mille habitants et son importance augmente tous les jours : elle sert d'entrepôt aux plus riches mines du lac, Cliff-Mine et North-American-Mine. La rivière n'est pas navigable et la côte ne pré-

Eagle-River.

sente aucun abri aux navires : les chargements et déchargements sont faits sur une jetée, construite sur pilotis, perpendiculairement au rivage : aussi, dès que le vent soulève les eaux du lac, les navires doivent prendre le large et chercher un abri à Copper-Harbor, ou vers l'ouest à la Pointe. Malheur aux bâtiments qui ne se hâtent pas suffisamment ; ils sont jetés à la côte et ne peuvent plus ensuite que très-difficilement être remis à flot (1).

La jetée en bois est assez souvent détruite par les vagues ; le fait est arrivé pendant mon séjour au lac Supérieur, le 3 octobre 1854, dans un coup de vent qui a duré deux jours. Il en résulte pour Eagle-River une grande irrégularité dans les communications avec le Saut-Sainte-Marie, au commencement et à la fin de la saison. Les mines ne peuvent compter, pour les arrivages et pour les expéditions, que sur les mois de juin, juillet, août et septembre : circonstance défavorable, mais largement compensée par la richesse exceptionnelle du filon exploité par les deux compagnies de Cliff et de North-American.

Portage, etc.

Portage, Elm, Misery-River, etc., sont des petits villages placés dans les mêmes conditions défavorables que Eagle-River, et correspondent à des mines exploitées avec peu d'activité.

Ontonagon.

La ville d'Ontonagon, bâtie à l'embouchure de la rivière du même nom, est la plus importante de toutes celles du lac Supérieur ; le nombre de ses habitants dépasse quinze cents, et plusieurs maisons présentent déjà le confortable, si rare dans les contrées récemment habitées.

(1) Le navire à hélice, *Peninsula*, s'est perdu à Eagle-River au mois de novembre 1854.

La rivière est navigable pour les bateaux plats jusqu'à la distance d'environ trente kilomètres au sud de la ville : mais la navigation est rendue dangereuse par plusieurs rapides. Au bord du lac une barre de sable empêche les navires d'un certain tonnage d'entrer dans la rivière, et la côte ne présente aucune baie dans laquelle les bâtiments puissent se réfugier : ils doivent charger et décharger, comme à Eagle-River, sur une jetée en bois avançant de plus de deux cents mètres dans le lac.

L'importance que la ville d'Ontonagon doit aux exploitations nombreuses faites dans la contrée voisine, augmenterait beaucoup si le grand projet de chemin de fer dont j'ai parlé précédemment était mis à exécution.

Je n'ai pas eu l'occasion de visiter la Pointe, cette ancienne mission des jésuites, dont le port sert constamment de refuge aux navires pendant la tempête.

La Pointe.

Climat du lac Supérieur. Le climat du lac Supérieur est très rude pendant l'hiver : cette saison commence au mois d'octobre et ne se termine que vers le mois de mai : pendant plusieurs mois le thermomètre se maintient au-dessous de 20° centigrades, et dans les coups de vent du nord la température s'abaisse jusqu'à la congélation du mercure. Les eaux du lac gèlent sur une grande épaisseur, mais la glace est souvent brisée par les tempêtes, et les glaçons sont amoncelés sur le rivage en véritables montagnes. La neige couvre la terre pendant des mois entiers, et permet aux habitants de franchir de grandes distances à l'aide de raquettes (1).

(1) Les raquettes sont de longs patins faits avec du bois et des cordes à boyaux : ils permettent aux pieds de s'appuyer sur une très-large surface.

Le trainage n'est possible que sur les routes déjà tracées : dans les forêts les accidents de terrain et les arbres tombés sont trop nombreux pour qu'on puisse passer autrement qu'à pied.

Le printemps est très-court et dure à peine un mois ; il est marqué par de violentes tempêtes qui rendent la navigation du lac très-dangereuse : la fonte des neiges et la chute des arbres empêchent souvent les communications par terre d'une ville à l'autre.

Pendant l'été (fin de juin, juillet et commencement d'août), le soleil a une force très-grande ; la chaleur est insupportable parfois vers le milieu du jour, mais les nuits sont presque toujours fraîches ; les moustiques et les mouches noires font une guerre acharnée aux hommes et aux animaux : les mouches noires disparaissent au mois d'août, les moustiques deviennent en même temps moins incommodes, mais persistent jusqu'à la fin de septembre.

L'automne est au lac Supérieur, comme dans tout le nord de l'Amérique, la plus belle saison de l'année : les journées sont belles, et la chaleur est très-supportable pendant tout le mois de septembre ; les nuits sont de plus en plus froides, et quelquefois le thermomètre descend au-dessous de zéro. Au mois d'octobre la fin de l'automne est marquée par des tempêtes violentes et par de grandes pluies, auxquelles succède bientôt la neige. On peut encore voyager à la fin d'octobre et même en novembre, mais la navigation est irrégulière et dangereuse ; les bâtiments à vapeur ne peuvent souvent pas toucher aux villes de Eagle-River et d'Ontonagon, dépourvues de ports abrités.

Végétation. — Toute la contrée est couverte de forêts vierges, dans lesquelles les défrichements pénètrent avec lenteur : les arbres résineux dominent dans les

parties montagneuses, et presque partout élèvent leur sombre feuillage au-dessus des cèdres, des bouleaux, des frênes, des érables, etc., plus abondants dans les vallées. Le sol paraît très-fertile sur la plus grande partie de la contrée, et déjà plusieurs compagnies de mines ont commencé les défrichements et cultivé avec succès le seigle, les pommes de terre, les betteraves, et des légumes divers.

Presque tous les objets de première nécessité, le foin, la farine, le maïs, les œufs, les pommes, sont amenés par les bateaux à vapeur de Cleveland, de Détroit ou même de Chicago. L'herbe manque entièrement dans les forêts, et nulle part encore on n'a fait des prairies artificielles : aussi la nourriture des chevaux, des moutons est-elle très-difficile.

Les forêts renferment très-peu de gibier : les seuls animaux qu'on rencontre un peu fréquemment sont les écureuils gris ; pendant l'hiver on peut chasser les aigles, les loups et les ours.

Pour le climat, le lac Supérieur se rapproche beaucoup du midi de la Suède, bien que la latitude soit à peu près celle du nord de la France : la température moyenne de Copper-Harbor est de $41^{\circ},45$ (Fahrenheit), soit $+ 5^{\circ},25$ centigrades.

Changements dans le niveau des eaux. — Les grands lacs de l'Amérique du Nord n'ont pas de marées sensibles, mais leur niveau présente des variations, lentes ou brusques, sur lesquelles il me paraît intéressant de donner quelques détails.

Dans les tempêtes violentes, pendant lesquelles le vent souffle du même côté durant deux ou trois jours, le niveau de l'eau s'élève de plus d'un mètre au-dessus de sa hauteur habituelle, et redescend graduellement à mesure que la pression du vent devient plus faible.

Action du vent.

Cette élévation ne peut pas être constatée sur les côtes non abritées, par suite de la hauteur des vagues énormes qui déferlent sur la plage, ou viennent se briser contre les rochers; mais elle est facile à observer dans les ports et dans les baies profondes, dans lesquelles la surface de l'eau reste peu agitée. J'ai été témoin de ce phénomène à Copper-Harbor, le 3 octobre 1854; à la suite d'un coup de vent du N. E. au N. O., le niveau de l'eau s'est élevé de plus d'un mètre, auprès du quai dans le fond du port. Les habitants m'ont assuré que dans les tempêtes plus violentes encore l'eau a monté de plus de deux mètres sous la pression du vent.

J'ai observé le même fait sur le lac Huron, à bord du vapeur *Illinois*, échoué près du phare de l'île de Thunder-Bay, et pendant un coup de vent moins fort; le navire put se remettre à flot, après deux jours d'échouage, grâce à l'élévation rapide du niveau de l'eau et à l'action du vent sur sa coque inclinée.

Je n'ai pas pu m'assurer que sur la côte opposée on observe un abaissement correspondant, fait très-important, qui prouverait que le phénomène est général et n'est pas seulement particulier aux baies et aux ports placés sous le vent.

Variations
brusques

Les missionnaires jésuites et toutes les personnes qui ont passé un temps assez long sur les bords des grands lacs, ont décrit un phénomène, jusqu'à présent inexpliqué, la variation brusque et momentanée du niveau de l'eau sur les côtes, pendant des temps très-calmes. Deux ou trois vagues, élevées de 2 mètres et même davantage, se forment subitement à une certaine distance du rivage et viennent se briser contre les rochers ou couvrir d'eau de vastes étendues de terrain. Ces faits sont constatés pour les lacs Érié, Huron, Michigan, Supérieur, par les missionnaires

jésuites, par le gouverneur Clinton, par Mackensie, par le général Cass, par le professeur Mather, par MM. Foster et Whitney, par plusieurs anciens habitants du saut Sainte-Marie; on doit par conséquent les considérer comme parfaitement établis, quoique aucune explication satisfaisante n'ait été donnée.

On trouvera la description détaillée de tous les faits observés à cet égard dans l'ouvrage de MM. Foster et Whitney; je citerai seulement et sans détails les observations qui me semblent les plus curieuses.

Le gouverneur Clinton rapporte que le 30 mai 1825, par un temps calme et très-clair, et peu d'instant après le coucher du soleil, on a vu trois vagues, hautes de plus de trois mètres, envahir tout le rivage, depuis Otter jusqu'à Kettle-Creek, sur la côte anglaise du lac Érié, et se retirer rapidement.

Au saut Sainte-Marie, la rivière est large de plus de 1.600 mètres, et la profondeur d'eau sur les rapides est d'environ 0^m,85. Dans l'été 1834, on a vu l'eau se retirer complètement et laisser les rochers à découvert, sur toute la largeur du canal; pendant une heure entière, des habitants purent aller prendre les poissons restés dans les flaques d'eau entre les rochers. L'eau revint brusquement en une vague immense et furieuse, devant laquelle les hommes eurent à peine le temps de se sauver.

Le même phénomène s'est renouvelé deux fois dans la même journée et par un temps très-calme, à la fin du mois d'avril 1842.

Au lac Supérieur, MM. Foster et Whitney ont observé plusieurs fois, près des côtes, des vagues énormes s'avancer vers le rivage, lorsque la surface du lac était parfaitement calme, et le vent à peine sensible: l'eau du lac reprenait ensuite sa tranquillité. A la suite de

ces brusques variations de niveau, les deux savants géologues mentionnent toujours des tempêtes très-violentes, ce qui les conduit à penser que des changements rapides de la pression atmosphérique ne sont pas étrangers à ce phénomène. Il semble cependant difficile de concevoir une diminution partielle de la pression de l'air assez forte pour déterminer l'élévation de l'eau à 3 mètres au-dessus de son niveau.

Variations
annuelles.

Dans les différents lacs, qui communiquent entre eux par des canaux, dont la largeur est sensiblement constante, on observe des variations annuelles et périodiques, dans le niveau des eaux. On peut les expliquer assez facilement par les différences dans les quantités relatives de pluie tombée au nord et au sud. Le climat du lac Supérieur est assez différent de celui du lac Erie pour que l'été puisse être sec dans l'un et pluvieux dans l'autre.

L'étude complète des phénomènes que je viens d'exposer sera d'un grand intérêt scientifique; elle ne pourra être abordée sérieusement que dans un avenir assez éloigné, quand les bords des lacs seront habités, et quand des observations régulières et complètes auront été recueillies.

Mirage. — Pendant tout l'été, lorsque l'atmosphère n'est pas agitée par des vents violents, l'air se trouve à une température très-différente, au-dessus de la terre échauffée par le soleil, et au-dessus de l'eau, qui reste toujours assez froide. Ces différences donnent lieu à des réfractions très-fortes, qui apportent de grandes difficultés aux observations astronomiques, et donnent lieu à des effets de mirage extrêmement curieux.

On peut expliquer également par des réfractions atmosphériques un singulier phénomène dont j'ai été

témoin le 16 octobre 1854, à l'entrée de la rivière Sainte-Marie. Au moment où le soleil allait disparaître, ses rayons tombant sur une raffale de neige, me firent apercevoir un arc-en-ciel de forme elliptique parfaitement déterminée. Le rapport du grand axe vertical au petit axe horizontal était de 5 : 3. L'arc-en-ciel a persisté pendant plusieurs minutes, et il a été observé par tous les passagers du bateau à vapeur.

Aurores boréales. — Les aurores boréales sont très-fréquentes pendant l'hiver et ne sont pas rares pendant l'été; cependant elles ne sont jamais aussi belles dans cette dernière saison, et leur éclat est en général très-peu prononcé.

CHAPITRE II.

DISPOSITION GÉOLOGIQUE DES TERRAINS DU LAC SUPÉRIEUR.

La carte d'ensemble du lac Supérieur, publiée en 1850, par MM. Foster et Whitney, et les cartes de détails ont été dressées à la suite des explorations faites pendant trois années consécutives, 1847, 1848, 1849.

On doit être étonné qu'un aussi court espace de temps ait suffi aux géologues, chargés par le gouvernement de cette mission importante, pour poser exactement les limites des terrains et pour faire connaître assez exactement les zones dans lesquelles se trouvent les gisements de cuivre.

Il faut en effet se rendre compte des difficultés presque insurmontables, qu'on rencontre à chaque instant dans un pays entièrement couvert de forêts vierges, dans lequel la température s'abaisse parfois pendant l'hiver jusqu'à la congélation du mercure.

Les parties voisines des côtes et des établissements de mines peuvent être explorées avec une facilité comparative assez grande ; mais dans l'intérieur du pays, loin des habitations, il n'est possible d'entreprendre que des excursions très-courtes, et toujours pénibles.

En outre, les terrains sont recouverts presque partout par une épaisseur assez grande de terre végétale, et par des alluvions dont la puissance dépasse fréquemment vingt mètres. — La nature des roches n'est en évidence que sur les sommets des montagnes, ou

sur les bords de certaines rivières qui coulent dans des vallées profondes.

Ces circonstances se retrouvent sans doute dans la plupart des pays, en Europe comme en Amérique, mais au lac Supérieur elles sont rendues bien plus embarrassantes par les difficultés de la vie matérielle dans des forêts inhabitées.

Les trois parties les mieux connues sont : la Pointe de Keweenaw, la contrée d'Ontonagon et l'Île-Royale ; dans les deux premières, les mines sont explorées très-activement, quelques-unes donnent des bénéfices considérables ; l'Île-Royale a maintenant presque entièrement perdu l'importance que les relations des anciens voyageurs lui avaient donnée dans le commencement des entreprises ; de tous les travaux ouverts il y a cinq ou six années, il ne reste plus que deux mines en activité.

Il en résulte que c'est à la Pointe de Keweenaw et dans la contrée d'Ontonagon, que les excursions peuvent être faites le plus facilement et avec le plus de fruit.

Pour exposer aussi clairement que possible la disposition des terrains, je décrirai d'abord les différentes parties du pays, je reviendrai ensuite sur la composition des roches principales et sur les alluvions, qui formeraient elles seules un vaste sujet d'études intéressantes.

§ I. — *Disposition générale des terrains.*

La carte d'ensemble de MM. Foster et Whitney s'étend vers le sud jusqu'aux bords du lac Michigan, vers l'est, au delà du saut Sainte-Marie ; vers le nord, elle indique la composition des terrains qui forment la côte anglaise ; à l'ouest, elle s'arrête aux limites de l'État

de Wisconsin. La zone qui sépare les deux lacs, Supérieur et Michigan, présente la partie supérieure des terrains qui existaient sur toute la superficie, occupée maintenant par le grand lac, avant les soulèvements et les bouleversements, qui ont produit le relief actuel de la contrée.

Elle est formée en partie de calcaire magnésien, appartenant à l'époque silurienne inférieure, reposant sur des grès blancs et rouges. Sur la rive méridionale du lac Supérieur, le grès apparaît seul, en couches sensiblement horizontales, et présente en plusieurs points des escarpements très-élevés, avec des alternances des couches de couleurs différentes. Le point le plus remarquable est situé près de Grand-Island; son aspect pittoresque lui valut le nom de *pictured rocks*, déjà célèbre en Amérique.

Le granite et les roches métamorphiques forment la plus grande partie de la côte orientale, et deux massifs considérables, l'un au nord du lac, très-voisin du rivage, l'autre au sud de la pointe de Keweenaw, depuis la Chocolate river jusqu'en dans le Wisconsin.

Granite et roches
métamorphiques.

Le granite et les terrains métamorphiques situés à l'est, dans le Canada, sont jusqu'à présent très-peu connus; il en est de même du massif du nord, dont la partie voisine du lac est seule tracée. Quant au massif du sud, il a été parcouru dans la plus grande partie de son étendue, et ses limites sont exactement marquées sur la carte.

Sa direction générale est N 70° E, — sensiblement parallèle aux chaînes de montagnes de l'Ile-Royale, et à la direction du massif granitique du nord, il présente une série de montagnes arrondies, élevées de 300 à 400^m. au-dessus du niveau du lac, et séparées par des vallées peu profondes. Il est recouvert en grande partie par des roches que les géologues américains considè-

rent comme métamorphiques, par des gneiss, des micaschistes, des quartzites, du jaspe et des roches amphiboliques.

Des masses considérables de fer oxydé sont enclavées dans ces terrains, et paraissent se continuer jusqu'au contact du granite. Elles sont exploitées depuis plusieurs années avec une certaine activité, et quelques fourneaux ont été construits à peu de distance des rivières nommées Chocolate-River et Carp-River.

Le massif granitique est entouré par des grès, qui sont relevés de tous côtés jusqu'à une certaine distance, bien que sous un angle assez faible, et qui paraissent avoir été brisés et soulevés par le granite.

Au nord de l'Île-Royale, dans le Canada, le granite forme des montagnes élevées de 500 et 600^m. au-dessus du niveau du lac, et a produit dans les terrains soulevés des dislocations beaucoup plus fortes que celles observées au Sud.

L'Île-Royale est formée de trapp, de conglomérat et de grès, disposés en bancs puissants et en couches rigoureusement parallèles, dirigés de N 65° E à S 65° O, et plongeant vers le Sud sous un angle très-faible, de 8 à 10° avec l'horizontale.

Trapp,
conglomérats
et grès

La côte américaine, comprenant : la Pointe de Keweenaw, la région voisine du lac du Portage, et la contrée d'Ontonagon renferme des trapps, des conglomérats et des grès, également en bancs et en couches parallèles entre eux, plongeant vers le nord et vers le nord-ouest sous un angle variable de 25 à 55°.

Entre le trapp, qui se présente en montagnes assez élevées, depuis l'extrémité de la pointe de Keweenaw jusque dans l'État de Wisconsin, et le grand massif granitique du sud se trouve une vaste formation de grès, arrivant vers l'Est jusqu'aux bords du lac, ter-

minée à l'ouest par le trapp. Dans cette partie, le grès est presque partout en couches sensiblement horizontales, mais se relève avec une inclinaison variable au contact du trapp, du granite et des roches métamorphiques. Des lambeaux de calcaire magnésien ont été constatés à l'ouest de la baie de Keweenaw : leur présence démontre l'identité des grès de la Pointe de Keweenaw avec ceux de la rive méridionale.

Les alluvions, comprenant : des galets et graviers, des argiles et des sables, couvrent la plus grande partie de la contrée ; elles contiennent des blocs erratiques qui assignent à leur formation une époque peu reculée.

Enfin à l'est, l'île Michipicoten est presque entièrement composée de trapp, analogue à celui de la Pointe de Keweenaw, et dans lequel on a constaté la présence du cuivre natif et des minerais de cuivre en filons.

Je vais maintenant considérer avec plus de détails les parties les mieux explorées et les plus importantes par l'énorme richesse en cuivre qu'elles contiennent ; la pointe de Keweenaw, la contrée d'Ontonagon et l'île Royale.

Pl. VII.

Pointe de Keweenaw. — On nomme *pointe de Keweenaw* la langue de terre qui s'avance vers le milieu de la côte méridionale du lac, en formant une courbe dont la convexité est tournée vers le nord. Elle est presque séparée de la terre ferme par le lac Portage, dont la position, entre le fond de la baie de Keweenaw et la côte au nord indique une cassure transversale de tous les terrains. La constitution géologique est du reste la même des deux côtés de ce lac étroit, et les différences que présentent entre elles la pointe de Keweenaw et la contrée d'Ontonagon ne paraissent avoir aucune relation avec cette séparation purement géographique.

La nature des terrains qui composent la Pointe de

Keweenaw, vers son extrémité orientale, peut être observée plus nettement que dans les autres parties de la contrée, par suite de l'absence presque complète des alluvions, absence qui peut être attribuée à une dénudation partielle.

Deux chaînes de montagnes, parallèles et peu distantes, toutes deux composées de trapp plus ou moins cristallin, marquent l'axe central de la Pointe. La plus importante au point de vue géologique, les *Bohemian mountains*, s'étend sans interruption depuis l'extrémité orientale jusqu'au lac de Portage, et de là vers l'Ouest, jusque bien au delà de l'Ontonagon. C'est suivant sa direction qu'a dû se faire le soulèvement de tous les terrains.

L'autre, située au nord de la première, court parallèlement à la côte, de l'extrémité de la Pointe à la mine Albion; ce n'est qu'une bande particulière de la formation trappéenne, et l'intérêt qu'elle présente est purement local. Elle est, à la Pointe de Keweenaw seulement, l'horizon le plus remarquable par les exploitants; reconnue peu métallifère, elle sépare les deux zones de trapp dans lesquelles les filons sont riches en cuivre.

Au sud des *Bohemian mountains*, le grès s'appuie sur le trapp et plonge vers le sud sous un angle assez fort, mais qui devient de plus en plus faible, à mesure que la distance au trapp est plus grande.

Au nord, on rencontre d'abord des bandes de trapp plongeant vers le nord et vers le nord-ouest, ensuite des couches et des bancs de conglomérat, de trapp, de grès, et enfin des grès pareils à ceux du nord, et présentant, comme eux, une inclinaison décroissante quand on les observe en des points plus éloignés de l'axe du soulèvement.

Bohemian
Mountains.

La chaîne de montagnes principales est composée de trapp cristallin, porphyrique et syénitique, disposé par bandes mal définies et qui paraissent parallèles à la direction générale de tous les terrains. Comme cette disposition est moins marquée que dans les autres parties de la formation, on désigne souvent la roche sous le nom de trapp non stratifié (*unbedded trap*).

Le versant méridional plonge vers le sud et vers le sud-est, sous un angle assez variable, mais compris en général entre 35° et 55° ; le versant septentrional présente l'inclinaison inverse vers le nord et le nord-ouest, sous un angle de 30 à 35° . Plus à l'ouest l'inclinaison est plus grande; et dans la région d'Ontonagon elle atteint 55° .

Les points plus élevés des Bohemian Mountains ne dépassent pas 290 mètres au-dessus du niveau du lac, mais les vallées transversales sont peu profondes, et cette chaîne forme la ligne de partage des eaux, depuis le lac la Belle jusqu'au lac Portage.

Vers le sud, le trapp est séparé du grès par une couche de chlorite, de 50 mètres de puissance; la chlorite est très-fissurée, en partie altérée, et contient du feldspath, du fer oxydulé, de l'amphibole hornblende: dans certaines parties elle passe au trapp amygdaloïde, et contient des veines irrégulières; dans lesquelles plusieurs compagnies ont fait des travaux d'exploration peu productifs.

A l'est le trapp cristallin ne s'avance pas jusqu'à l'extrémité de la pointe; il est remplacé par le trapp compacte, du milieu duquel s'élève le Mont-Houghton, entièrement composé de jaspe, roche qui se prolonge jusqu'au rivage de la baie de la Bête-Grise.

Zone métallifère
du Sud.

Au nord des Bohemian Mountains la surface du sol présente une vallée longitudinale très-irrégulière, en

grande partie couverte par des alluvions : la vallée est très-large près de Cliff-Mine, très-étroite au contraire vers l'extrémité orientale de la pointe. Dans tous les endroits où il a été possible d'observer la roche, on a trouvé le trapp, compacte, grenu ou amygdaloïde, formant des bancs puissants, séparés souvent par des lits de grès ou de conglomérat. On n'a du reste bien exploré que la partie située au nord des rivières, Eagle-River, Little-Montreal-River; les mines de cuivre natif, exploitées au pied de la seconde chaîne de montagnes, ont valu à cette bande de trapp le nom de zone métallifère du sud. Son étendue en largeur est d'environ 2.500 mètres, et lui assigne une puissance de 1.200 à 1.300 mètres.

La vallée située au nord des Bohemian Mountains est limitée par des escarpements assez élevés de trapp à texture cristalline, nommé greenstone. Ce nom est assez impropre, puisque toutes les variétés de trapp sont colorées en vert plus ou moins foncé; je le conserverai cependant pour éviter toute confusion entre cette roche et le trapp cristallin et porphyrique du sud.

Greenstone.

Le greenstone forme une chaîne de montagnes élevées de 180 à 200 mètres au-dessus du niveau du lac, composées de bancs puissants parallèles entre eux, et à ceux de la zone métallifère du sud. La direction est à peu près E.-O. auprès de Copper-Harbor; elle tourne un peu vers le sud à l'extrémité de la pointe de Ke-weenaw, et vers l'ouest elle devient progressivement N.-E. à S.-O. — Les plateaux étroits et accidentés qui en marquent le sommet, ne sont interrompus que par la vallée profonde, dans laquelle la rivière Eagle-river coule au nord pour se jeter dans le lac.

La vallée d'Eagle-River, aussi bien que l'inflexion des bandes de tous les terrains, indiquent une cassure

transversale moins prononcée que celles du Portage-Lake.

L'inclinaison des bancs de greenstone est vers le nord et le nord-est, de 25 à 30°; et la ligne de pente est sensiblement normale au rivage.

Au sud le Greenstone est séparé du trapp amygdaloïde, sur lequel il repose, par un lit de conglomérat et par une bande feldspathique contenant du cuivre natif: au nord il est recouvert par des bancs parallèles de trapp compacte, amygdaloïde et grenu, qui composent la zone métallifère du nord.

La distance horizontale entre le lit de conglomérat et le trapp compacte est assez variable, de 400 mètres à 700 mètres, en sorte qu'il est difficile de distinguer quelle est la puissance réelle du greenstone; on peut l'évaluer approximativement à 300 mètres.

Zone métallifère
du Nord.

Les filons explorés à la pointe de Keweenaw traversent la roche à texture cristalline, dont il vient d'être question, mais ne contiennent pas assez de cuivre pour être exploités; ils deviennent plus riches dans la bande de trapp qui recouvre le greenstone, composée, comme celle du sud, des variétés, compacte, amygdaloïde, grenue, formant des bancs puissants, séparés souvent par des lits de grès et de conglomérat.

A la partie orientale de la pointe de Keweenaw, la zone métallifère du nord est bien à découvert: elle présente des collines ondulées, généralement parallèles au rivage, et dont la hauteur est toujours moindre que celle des montagnes de greenstone; leur pente vers le lac est à peu près celle des bandes du terrain, 25 à 30°; leur inclinaison vers le sud est au contraire plus forte, et presque perpendiculaire à la pente vers le nord.

A l'ouest, le trapp est en partie recouvert par des

(1)
jaspe

alluvions, mais il est facile de se convaincre que la disposition est la même qu'à l'est.

L'étendue horizontale du trapp au nord du greenstone est comprise entre 1.700 mètres et 2.400 mètres, et par conséquent la somme des puissances des différents bancs est de 1.100 mètres à 1.200 mètres.

Au nord de cette seconde zone métallifère se présentent des couches alternantes de conglomérat, de grès et de trapp compacte ou amygdaloïde. Toutes les couches sont parallèles aux bancs de trapp et plongent vers le nord, et ensuite vers le nord-ouest sous le même angle de 25 à 30°.

Alternances.

MM. Foster et Whitney, dans le rapport qu'ils ont adressé au gouvernement des États-Unis, sur la géologie du lac Supérieur, annoncent avoir observé que le grès et le conglomérat sont fortement altérés au contact du trapp, mais seulement lorsque cette roche repose sur eux.

La même altération n'est pas apparente aux points où le conglomérat et le grès reposent sur le trapp (1); de là ces géologues tirent la conclusion que le trapp est arrivé en fusion sur les roches sédimentaires, tandis que celles-ci ne se sont déposées sur le trapp qu'après son refroidissement complet.

Aux alternances dont je viens de parler, succèdent vers le nord des bancs très-épais de conglomérat rougeâtre, contenant plusieurs couches de grès. Cette roche est encore bien parallèle au trapp et présente la même inclinaison, de 25 à 30° vers le nord et vers le nord-ouest; son épaisseur est considérable, car en évaluant son étendue horizontale, perpendiculairement à la

Conglomérat.

(1) Cependant, dans la contrée d'Ontonagon, on observe le jaspe au-dessus du trapp.

direction, on ne trouve pas moins de 1.800 à 2.000 mètres de conglomérat, ce qui porte à 1.000 mètres, et même jusqu'à 1.100 mètres, la puissance de cette formation.

Amygdaloïde.

La grande zone de conglomérat est recouverte par des bancs assez puissants de trapp amygdaloïde, séparés par des lits très-minces de grès, et conservant le plus complet parallélisme avec les formations inférieures : elle s'élève très-peu au-dessus du niveau du lac et forme des écueils très-dangereux sur le rivage, depuis Agate-H. jusqu'à Cat-Harbor. La puissance de cette bande amygdaloïde n'atteint pas 250 mètres et son étendue horizontale ne peut être bien constatée qu'entre Copper-Harbor et Agate-Harbor; elle ne dépasse pas 450 mètres.

Conglomérat,
grès.

Une seconde zone de conglomérat est superposée au trapp amygdaloïde, mais ne paraît sur le bord du lac que depuis l'extrémité de la pointe jusqu'à la baie de Agate. — Elle s'élève seulement de quelques mètres au-dessus du niveau de l'eau, en formant une falaise irrégulière et dépourvue de toute végétation. — Les ports de Copper-Harbor, Agate-H., grand Marais-H., Eagle-H., Cat-H., sont en partie dans le conglomérat, en partie dans la bande de trapp amygdaloïde.

A l'ouest de Cat-Harbor les alluvions couvrent le rivage et la plus grande partie de la contrée, et ne permettent pas de reconnaître la succession des terrains aussi nettement que vers l'est. Au nord de la grande zone métallifère on ne distingue plus qu'une faible épaisseur de conglomérat, mais des collines de grès rouge, de grès feldspathique rougeâtre et de grès blancs. — Les couches de grès sont parallèles aux bandes du trapp, l'inclinaison est toujours vers le nord-ouest, mais l'angle diminue progressivement. Auprès du lac

Portage, le rivage est éloigné du trapp de plus de 4.000^m, et le grès paraît plonger sous un angle de 20° à 22° seulement. La décroissance de l'angle d'inclinaison est du reste bien plus prononcée au sud-ouest du Portage, et jusque dans la contrée d'Ontonagon.

Entre la mine Albion et le lac Portage, la grande formation du trapp ne présente pas tout à fait la même disposition que dans la partie orientale, de la Pointe de Keweenaw. — La bande de greenstone cesse d'être distincte, et par suite les deux zones métallifères sont réunies en une seule, limitée vers le sud-ouest par les montagnes de trapp cristallin et porphyrique, et vers le nord-ouest par les conglomérats. Les bancs de trapp, amygdaloïde et compacte sont encore séparés par des lits très-minces de conglomérat ou de grès; ils sont dirigés nord-est à sud-ouest, et plongent vers le nord-est sous un angle de 30° à 35°.

Region
du lac Portage.

La région du Portage présente une différence bien plus grande pour la disposition des gisements de cuivre natif : dans toute la contrée où les montagnes de greenstone sont apparentes, le cuivre se trouve dans des filons coupant presque à angle droit tous les terrains; vers le lac Portage, les gisements de cuivre sont intercalés entre les bancs de trapp, et plusieurs couches amygdaloïdes sont pénétrées de cuivre.

Au sud des Bohemian Mountains tout le pays est composé de grès, depuis la baie de la Bête-Grise jusqu'à l'ouest de l'Ontonagon. Dans la partie qui appartient à la pointe de Keweenaw, limitée au lac Portage, le grès est dirigé parallèlement au trapp et plongé vers le sud-est, au contact de cette roche, dans un angle de 30° à 50°. Son inclinaison diminue vers le sud, et sur les bords de la baie de Keweenaw les couches sont ho-

Grès du Sud.

horizontales, ou même présentent en plusieurs endroits une légère inclinaison vers le nord.

L'apparence du grès est à peu près la même dans le voisinage et à une grande distance du trapp; il est rouge ou seulement peu coloré, et les couches ne présentent pas des différences aussi tranchées dans leur couleur que sur la côte méridionale du lac Supérieur, aux Pictured-Rocks. Auprès du trapp on a constaté la présence des conglomérats, mais ils sont loin de présenter, à la surface du sol, le même développement qu'au nord.

Coupes
du terrain.

La succession des terrains est représentée par les coupes tracées Pl. VIII, fig. 2 et 3. La première passe par la mine de Cliff, dans la direction N. 35° O. à S. 35° E.; la seconde a été relevée sur les plans de la mine de Copperfalls, et ne comprend que les terrains situés au nord du greenstone; pour la seconde coupe passant par le filon de Copperfalls, les épaisseurs horizontales des bancs et des couches de trapp, de conglomérat et de grès, sont les suivantes :

Greenstone.	500 ^m ,00
Trapp compacte, grenu, amygdaloïde.	2.100 ^m ,00
Conglomérat.	3 ^m ,50
Amygdaloïde.	26 ^m ,50
Conglomérat et grès.	32 ^m ,60
Trapp en grande partie amygdaloïde.	132 ^m ,00
Conglomérat et grès.	13 ^m ,00
Amygdaloïde.	10 ^m ,50
Grès.	8 ^m ,25
Amygdaloïde.	110 ^m ,00
Conglomérat et grès.	133 ^m ,00
Amygdaloïde.	58 ^m ,00
Grande zone de conglomérat et grès.	1.660 ^m ,00
Amygdaloïde.	jusqu'au lac.

Contrée d'Ontonagon. — Au sud-ouest du lac Portage et jusque bien au delà de la rivière Ontonagon, la disposition générale des terrains est en grande partie la même qu'à la Pointe de Keweenaw. Le trapp forme des chaînes de montagnes assez élevées, présentant le double pendage vers le nord-ouest et vers le sud est, sur lesquelles s'appuient des conglomérats et des grès. Les alluvions couvrent presque toute la contrée, ne laissant à découvert que les sommets des montagnes, et empêchent de reconnaître les limites exactes des différentes formations.

Les montagnes les plus élevées sont encore formées de trapp porphyrique ou syénitique, et sont la continuation de la chaîne des Bohemian Mountains; elles marquent la direction un peu sinueuse, suivant laquelle a eu lieu le soulèvement. Auprès du lac Portage, cette direction est N. 55° E. à S. 35° O., et plus loin, vers l'Ontonagon, elle est notablement différente, N. 65° E. à S. 65° O. Au sud, le trapp cristallin et porphyrique passe presque immédiatement sous les conglomérats et sous les grès; au nord, il est recouvert par des bancs successifs de trapp, compacte, grenu, amygdaloïde, épido-tique, séparés les uns des autres par des lits très-minces ou par des couches de conglomérats et de grès.

Ces bancs sont parallèles au trapp porphyrique, et plongent vers le N.-O., sous un angle un peu variable, de 55 à 65°; leur inclinaison est par conséquent bien plus forte que celle observée à la pointe de Keweenaw.*

La partie voisine du lac Portage est assez peu connue, et n'a pas donné lieu jusqu'ici à des travaux de mines permanents; le trapp est principalement compacte, et ne présente pas une grande épaisseur; il n'a guère plus de 5 kilomètres vers le nord, et 2 kilomètres seulement, auprès du sentier qui conduit de Misery-River à

Trapp

l'ancienne Mission catholique, établie jadis au fond de la baie de Keweenaw. La puissance de la zone de trapp augmente graduellement vers le S.-O., et près de la rivière d'Ontonagon, la distance horizontale qui sépare les grès du nord et du sud varie de 6 à 8 kilomètres.

La partie la mieux explorée, celle à laquelle on donne plus spécialement le nom de région métallifère d'Ontonagon, s'étend depuis la mine d'Algonquin jusqu'à la mine de Trap-Rock. Dans cette partie, le trapp forme plusieurs séries de montagnes elliptiques, très-allongées, terminées par des plateaux étendus, élevés de 20 à 30 mètres au-dessus des vallées voisines, et de 180 à 280 mètres au-dessus du niveau du lac. Ces montagnes peuvent être rapportées à trois chaînes parallèles, dont la disposition est indiquée dans la coupe représentée dans la *fig. 4*, Pl. VIII. La direction de la coupe est du N.-O. au S.-E; elle passe par la mine de Minnesota, la plus importante de toutes celles qui sont exploitées dans cette partie du lac Supérieur.

La chaîne du sud est la plus élevée, plusieurs sommets atteignent 250 et 280 mètres, au-dessus du lac. Elle est composée de trapp cristallin, légèrement porphyrique, de trapp compacte qui se remarque principalement vers le versant méridional, et même de trapp amygdaloïde sur le versant opposé. La roche est disposée par bancs épais, dont le pendage est inverse sur les deux versants; au sud ils sont recouverts par les conglomérats et les grès, dont les couches parallèles, mais un peu brisées, plongent de 50° vers le sud. De l'autre côté, la roche amygdaloïde paraît former toute la vallée de Minnesota, couverte par des alluvions argileuses; la disposition et l'inclinaison des bancs ne peuvent être bien observées que dans les travaux faits au pied de la seconde chaîne de trapp compacte.

La séparation des deux variétés de trapp est marquée par deux couches de grès et de conglomérat, de 10 et 5 mètres de puissance, plongeant vers le N.-O., sous un angle de 55°; les bancs de trapp des deux côtés ont la même inclinaison.

Entre le conglomérat et le trapp compacte se trouve un filon extrêmement riche en cuivre et en argent natifs, et présentant plusieurs veines détachées dans le trapp compacte; elles courent en direction parallèlement au terrain en coupant les bancs sous un angle assez aigu. Ces veines sont riches en cuivre natif, mais ne contiennent pas d'argent; je reviendrai avec plus de détails sur leur disposition dans le chapitre suivant.

Sur le versant septentrional de la chaîne du sud, on exploite des gisements analogues, caractérisés comme les précédents par de grandes masses d'épidote, intercalées entre les bancs de trapp et pénétrant jusqu'à une certaine distance dans l'amygdaloïde. On a reconnu de même en plusieurs points la présence de couches de grès et de conglomérat, marquant la séparation des bancs de trapp de nature différente, compacte et amygdaloïde; les couches et les bancs plongent tous vers le N.-O., sous un angle peu différent de 55°.

La chaîne médiane de trapp compacte est moins élevée que celle du sud; ses plateaux ne dépassent pas 200 mètres de hauteur au-dessus du lac. Au nord, elle présente encore une couche mince de grès, à laquelle succèdent des bancs de trapp compacte et amygdaloïde, recouverts dans la vallée par une grande épaisseur d'alluvions argileuses, et formant la troisième chaîne, nommée chaîne du Nord.

Peu d'explorations ont été faites de ce côté, mais elles suffisent pour montrer que l'allure du trapp est la même que vers le sud, c'est-à-dire qu'il présente des

bancs puissants, parallèles entre eux, plongeant au N.-O. sous un angle de 50°, et séparés parfois par des couches de grès ou de conglomérats.

La limite du trapp vers le nord est marquée par des couches de jaspe, de grès et de conglomérats, sur lesquelles s'appuient les grès qui paraissent s'étendre sous les alluvions jusqu'aux bords du lac.

Les montagnes de trapp ne sont pas continues, mais sont composées de chaînons allongés, séparées par des vallées transversales, les unes très-larges et profondes, les autres fort étroites et assez élevées. La chaîne du sud est cependant, presque partout, la ligne de partage des eaux, et les vallées dans lesquelles les rivières peuvent les traverser pour couler au nord vers le lac, résultent évidemment de cassures de tous les terrains. La plus remarquable est la vallée de l'Ontonagon, rivière dont la branche occidentale coule au pied du versant méridional du trapp depuis le lac Agogebic.

L'alignement des chaînons appartenant à la même chaîne n'est pas toujours régulier; les discordances s'observent principalement aux vallées analogues à celles de l'Ontonagon, indiquant la position des failles principales, qui doivent s'étendre normalement à la direction des bancs de trapp; elles sont en relation évidente avec les changements et les inflexions que présente cette direction.

Ces failles n'ont pas encore été bien étudiées, mais leur importance est trop grande pour que l'attention des directeurs des mines ne soit pas bientôt appelée sur elles.

Dans les travaux entrepris dans la contrée d'Ontonagon, les gisements situés dans la chaîne médiane, dans la même position que ceux de Minnesota, le cuivre est bien plus abondant, et présente des masses bien

plus considérables que dans les gisements du sud. Partout où l'alignement des chaînons a été dérangé par des failles, il est maintenant difficile de reconnaître la situation exacte des travaux commencés, tandis que l'étude complète des systèmes de failles et des dérangements qu'elles ont produits, indiquerait si on est placé sur le prolongement de la chaîne médiane ou sur un chaînon détaché du système méridional. On obtiendrait par là une indication précieuse au commencement des travaux d'exploration, celle de la richesse possible du gisement.

A l'ouest de la contrée d'Ontonagon le trapp prend une direction très-voisine de E.-O., et se montre à la surface sur une immense étendue; au sud il s'étend jusqu'au granite, par lequel il a été visiblement soulevé; au nord, il se présente jusqu'auprès du rivage en une branche assez irrégulière, dont l'ensemble a la forme d'un croissant. Ce sont les Porcupine Mountains, dans lesquelles on a fait plusieurs recherches de mines, qui n'ont pas donné de bons résultats. Ces montagnes sont élevées de 250 à 500 mètres au-dessus du niveau du lac, et sont entourées par les conglomérats et par les grès, brisés et soulevés.

Elles sont composées de deux roches bien différentes : le jaspe vers le Sud, le trapp compact et cristallin vers le Nord.

L'aspect de la contrée, la disposition des bancs et des couches de jaspe, de trapp, de conglomérat, de grès, les alternances du trapp et des roches sédimentaires, offrent l'analogie la plus grande avec tous les faits observés à l'extrémité orientale de la pointe de Keweenaw.

Le trapp se prolonge certainement à une grande distance vers l'Ouest dans l'État de Wisconsin, et les excursions faites par de hardis aventuriers ont fait con-

Porcupine Moun-
tains.

naitre l'existence de gisements de cuivre natif bien au delà des limites de Michigan. Ce ne sera, du reste, que dans un avenir assez éloigné que les exploitants se porteront vers l'Ouest, car les conditions d'approvisionnement et de transports seront plus défavorables qu'à la pointe de Keweenaw et dans les régions du Portage et de l'Ontonagon.

Conglomérats
et grès.

Les conglomérats se présentent en bancs assez puissants des deux côtés du trapp; mais leur épaisseur n'est pas comparable à la grande zone observée près de Agate-H. et de Copper-Harbor. Il ne faut cependant pas en conclure que réellement il y ait moins de glomérat dans la région d'Ontonagon qu'à la pointe de Keweenaw; les alluvions couvrent les terrains sur une étendue trop grande pour qu'il soit possible de rien affirmer à cet égard.

Les conglomérats n'ont pas encore été signalés entre le lac Portage et la mine Algonquin; entre cette mine et celle de Douglas-Houghton, les bancs de conglomérats sont aussi puissants à l'Est et à l'Ouest: dans cette partie, le trapp est dirigé N. 25°, E. et S. 25° O., et l'axe de soulèvement à peu près au milieu de la zone de trapp.

Plus à l'Ouest, la direction du trapp est presque parallèle à la côte; la chaîne des montagnes à double pendage est plus rapprochée de la limite méridionale du trapp, les conglomérats se présentent en bancs plus puissants vers le Nord que vers le Sud.

J'indiquerai plus loin que cette disposition des couches sédimentaires peut être expliquée par l'obliquité de la cassure, produite par le soulèvement dans les terrains de trapp, de conglomérats et de grès.

Les grès présentent dans la région d'Ontonagon un immense développement, et forment des deux côtés du

trapp deux bandes, dont la largeur dépasse en plusieurs points 25 et même 30 kilomètres. Celle du Nord arrive jusqu'aux bords du lac; celle du Sud est limitée par les roches métamorphiques, par le granite et par le trapp.

Les grès du Nord sont recouverts en grande partie par les alluvions, et leur disposition n'est en évidence qu'en un certain nombre de points; ils sont en général colorés en rouge par de l'oxyde de fer, mais plusieurs couches sont presque blanches, et les alternances reproduisent, sur une échelle moindre, l'effet curieux des Pictured-Rocks. Au contact du trapp et du conglomérat les grès plongent vers le N.-O. sous un angle assez variable, mais toujours à peu près égal à l'angle d'inclinaison des bandes de trapp. Près du rivage, leur pendage est au contraire très-faible de 4 à 10°, et on peut admettre que les couches de grès sont d'autant moins inclinées qu'on les observe à une plus grande distance de la zone de trapp.

Auprès des Porcupine-Mountains, le grès est brisé et se relève de tous côtés, sur le jaspe au Sud, sur le trapp à l'Ouest, au Nord et à l'Est.

Les grès du Sud présentent une disposition analogue: leurs couches sont inclinées au contact du trapp et du conglomérat, deviennent sensiblement horizontales à une certaine distance, et se relèvent de nouveau, en présentant l'inclinaison inverse, auprès des roches métamorphiques, du granite et du trapp, qui les limitent vers le Sud.

A l'Ouest, le grès se termine en pointe sur le trapp; ses brisures et ses inclinaisons démontrent qu'il a été soulevé de deux côtés.

En plusieurs endroits, le grès forme des montagnes isolées, et les couches disloquées plongent vers tous

les points de l'horizon, apparence qu'on peut expliquer par un soulèvement local, dont l'intensité n'a pas été assez grande pour faire arriver le trapp jusqu'au jour.

L'explication est rendue plausible par l'existence de montagnes isolées de trapp, dont les bancs plongent de la même manière vers tous les points de l'horizon, et sur lesquelles les couches de grès se relèvent de tous côtés. Le point le plus remarquable est la *Silver Mountain*, indiquée sur la carte de MM. Foster et Whitney.

Calcaire
magnésien.

Pendant les excursions nombreuses que l'exécution de la carte géologique a rendues nécessaires, on a constaté l'existence de plusieurs lambeaux de calcaire magnésien reposant sur le grès horizontal (1). Ils sont brisés et disloqués, mais présentent l'analogie la plus grande avec les calcaires qui s'étendent à l'Ouest du Saut-Saint-Marie, sur la bande de terrain qui sépare le lac Supérieur du lac Michigan.

L'existence du calcaire magnésien au sud du trapp, est un fait de la plus grande importance, car elle prouve en même temps l'identité des grès qui existent au Nord et au Sud du trapp avec ceux qui forment la côte méridionale du Sud, et la violence du bouleversement qui a été causé par le soulèvement des trapps, des conglomérats et des grès.

Elle démontre également que le soulèvement n'a pu avoir lieu que postérieurement au dépôt des calcaires, c'est-à-dire après l'époque silurienne inférieure.

(1) Un de ces lambeaux se trouve à une vingtaine de kilomètres à l'ouest du fond de la baie de Keweenaw.

Ile-Royale. — L'Ile-Royale est située en face de la pointe de Keweenaw, à une distance assez faible pour qu'on puisse l'apercevoir, par les beaux temps, des montagnes de Copper-Falls. Elle est allongée dans la direction N. 65°, E. à S. 65° O. ; sa longueur dépasse 75 kilomètres, tandis que sa plus grande largeur n'atteint pas 14,000 mètres.

Au Nord-Est, elle présente des baies très-profondes, séparées par des montagnes parallèles, que leur forme a fait comparer aux doigts de la main.

Dans les baies, l'eau est très-profonde, principalement vers la côte du Sud; et les navires peuvent y chercher un refuge contre les tempêtes. Le plus important des ports de cette partie de l'île est Rock-Harbor; sur ses bords, la compagnie Siskawit M.-C. a commencé des travaux dans un filon de cuivre, qui paraît jusqu'à présent d'une richesse contestable (1).

La côte septentrionale est peu accidentée, et présente dans toute son étendue des falaises élevées et des écueils dangereux. — Au Sud-Ouest, le rivage présente plusieurs baies bien abritées; celle de Washington-Harbor pourrait être transformée en un port magnifique si cette partie de l'île était habitée.

Sur la côte méridionale, l'immense baie de Siskawit, dans le grès et le conglomérat, pourrait recevoir des flottes entières.

L'île-Royale est presque entièrement composée de trapp, et ne présente des conglomérats et des grès que vers son extrémité méridionale.

La surface du sol est très-accidentée, tout en offrant

(1) La mine de *Siskawit* et celle voisine de *Ohio and trap-rock* ne fournissent pas plus de 40 tonnes de cuivre par an.

une disposition générale assez simple et facile à saisir ; les différentes variétés de trapp , compacte , grenu , amygdaloïde , en bancs assez puissants , séparés par des couches de grès et de conglomérats , forment des montagnes rigoureusement parallèles à la direction générale de l'île , élevées de 150 à 200 mètres au-dessus du niveau du lac.

Vers le Nord , leurs flancs sont escarpés ; vers le Sud , au contraire , leurs pentes sont très-douces , et varient , comme l'inclinaison des bancs , de 10 à 12° vers le S.-E.

Les conglomérats s'appuient sur le trapp , et leurs couches plongent aussi vers le S.-E. sous un angle de 10 à 12° ; ils sont recouverts par les grès , dont l'inclinaison est la même.

En rapprochant cette disposition de celle de la pointe de Keweenaw , il est impossible de ne pas reconnaître l'identité des deux terrains ; au Sud , on distingue bien la ligne des Bohemian-Mountains , suivant laquelle a eu lieu le soulèvement ; à l'île-Royale on pourrait admettre , en raison de la faible inclinaison des couches , que le soulèvement a été produit par le granite , qui apparaît en montagnes élevées sur la côte du Canada.

§ II. — Description des roches.

Dans le paragraphe précédent , j'ai passé rapidement sur les caractères des roches différentes , afin de ne pas compliquer l'exposé de la disposition des terrains : il importe de revenir sur ces détails intéressants avant de commencer la description des gisements de cuivre.

Je ne peux parler que des roches qui se trouvent

dans la région d'Ontonagon et à la pointe de Keweenaw, les deux parties les plus intéressantes en raison de la richesse des mines de cuivre et du développement qu'ont pris les travaux pendant ces dernières années.

Le trapp forme des bancs très-différents les uns des autres par leur aspect et par leur structure. La roche paraît être un mélange plus ou moins intime d'amphibole hornblende et de feldspath labrador : ces minéraux sont parfois en cristaux distincts, parfois en grains imperceptibles.

Trapp.

La chlorite et le fer oxydulé entrent presque toujours en notable proportion dans la composition du trapp, et dans les cavités on trouve assez fréquemment des cristaux très-beaux de prehnite, d'alcalime et d'épidote.

La chlorite est souvent en proportion tellement forte, que le trapp paraît être un mélange de feldspath et de chlorite, renfermant très-peu d'amphibole.

Le fer oxydulé est presque toujours en petits cristaux discernables, quelquefois cependant on ne peut le distinguer à la vue simple ; mais sa présence est toujours accusée par l'action énergique produite sur l'aiguille aimantée : tantôt l'aiguille de la boussole est déviée de plusieurs degrés de la position normale, tantôt elle oscille rapidement de part et d'autre d'une position d'équilibre.

Cette action sur la boussole est extrêmement embarrassante, soit pour lever les plans dans les mines, soit pour se diriger dans les forêts. Elle varie d'un banc de trapp à l'autre, et l'étude de ces variations, comparées à la richesse des filons exploités, pourrait donner des résultats intéressants ; l'électricité a joué certainement

un grand rôle dans le dépôt du cuivre à l'état natif, et la conductibilité du trapp doit être en relation avec l'action que cette roche exerce encore maintenant sur la boussole.

L'épidote verte plus ou moins mélangée de quartz et de calcaire, se présente en masses considérables entre les bancs de trapp et pénètre à une assez grande distance dans la roche amygdaloïde; ce fait n'a pas encore été observé à la pointe de Keweenaw, mais il est fréquent dans la région du lac Portage et dans la contrée d'Ontonagon.

Les cristaux définis d'épidote, de prehnite, d'analcime, etc., sont en relation avec les filons qui traversent le trapp; ils ont été rencontrés plus fréquemment à la pointe de Keweenaw que partout ailleurs, probablement parce que dans cette partie le terrain a été beaucoup plus fissuré dans le soulèvement.

La structure des bancs de trapp présente de nombreuses variétés. — Certains bancs sont compacts, très-durs et très-chargés d'amphibole; d'autres ont une texture grenue et contiennent beaucoup de feldspath, visible en cristaux blancs et roses; ils sont aussi durs que les premiers et ne sont pas considérés comme exerçant une bonne influence sur la richesse des filons. Cette opinion est peut-être mal fondée, et provient seulement de l'insuccès d'un petit nombre de tentatives faites dans cette roche. J'indiquerai dans le chapitre suivant que les filons sont extrêmement nombreux, mais que très-peu d'entre eux sont riches en cuivre; on ne doit donc pas poser une règle générale au sujet du trapp à texture grenue, avant que l'influence de cette roche n'ait été constatée dans plusieurs filons productifs.

La variété de trapp la plus remarquable est celle

qu'on nomme l'amygdaloïde; elle est éminemment métallifère, c'est à-dire qu'elle encaisse les parties les plus riches des filons productifs explorés jusqu'à présent. Elle est en général de couleur très-foncée, agit fortement sur l'aiguille aimantée, et présente de nombreuses cavités arrondies, communiquant entre elles par des fissures presque imperceptibles, remplies postérieurement par des minéraux divers.

C'est une roche bulleuse et finement fissurée, disposée en bancs plus irréguliers que ceux des autres variétés de trapp, comparable pour sa texture à une scorie pâteuse refroidie rapidement. Les minéraux qui remplissent les cavités sont : le quartz hyalin, l'agate, le feldspath, le calcaire blanc spathique, la chlorite fibreuse et rayonnée, l'épidote, la préhnite, l'analcime et même le cuivre natif.

Chaque banc d'amygdaloïde a ses minéraux particuliers : à la pointe de Keweenaw, au nord et au sud du Greenstone, les noyaux sont principalement formés de chlorite, de quartz et de feldspath; au milieu de la zone métallifère du nord, un banc d'amygdaloïde a été pénétré par les matières des filons voisins, les noyaux sont composés de quartz, de calcaire, de chlorite et de cuivre natif. — On l'exploite à Copperfalls, et sa teneur en cuivre est assez élevée pour qu'on puisse espérer des résultats avantageux.

Après du Portage et dans la contrée d'Ontonagon, la roche amygdaloïde est de même pénétrée par l'épidote, le calcaire, le quartz, la chlorite; le cuivre natif ne se présente que dans le voisinage immédiat des filons. Dans les noyaux contenant du cuivre on peut remarquer que le métal forme souvent une pellicule très-mince, enveloppant la chlorite et le calcaire.

L'agate n'est pas seulement en noyaux dans l'amyg-

daloïde, elle se présente souvent en veinules ou en nids, qui rappellent d'une manière frappante, bien que sur une moindre échelle, les célèbres gisements d'Oberstein. La bande amygdaloïde, voisine du rivage à Agate-Harbor, est celle qui paraît contenir les plus belles agates; la baie doit son nom à cette circonstance observée par les premiers explorateurs.

Le greenstone est un trapp à texture cristalline, contenant beaucoup d'amphibole et de chlorite; la couleur de la roche est plus ou moins foncée, suivant la proportion assez variable du feldspath.

Le trapp porphyrique des Bohemian Mountains présente des cristaux bien nets de feldspath dans une pâte de couleur très-foncée, cristalline et renfermant beaucoup d'amphibole. La roche devient syénitique quand les cristaux de feldspath sont très-nombreux et rapprochés.

Le jaspé paraît être un grès feldspathique soumis postérieurement à l'action d'une haute température; il accompagne les trapps porphyriques, au Mont-Houghton et dans les Porcupine-Mountains; il est superposé au trapp dans la contrée d'Ontonagon.

Conglomérats.

Les conglomérats contiennent des galets arrondis de toute grosseur, de trapp compacte, amygdaloïde, cristallin, porphyrique et de jaspé, c'est-à-dire de toutes les roches dures autres que le granite existant dans la contrée; ils sont empâtés dans un ciment compacte qui paraît être composé des mêmes matières. Les grès subordonnés dont les couches sont comprises dans la formation des conglomérats, sont formés de grains de quartz et de feldspath, dans un ciment ferrugineux.

En observant attentivement les galets arrondis des conglomérats, on distingue des fissures très-fines, remplies par du calcaire spathique, qui paraissent se

continuer dans la pâte; elles indiquent un phénomène postérieur à la formation de ces terrains sédimentaires, probablement contemporain du remplissage des filons.

Les grès couvrent la plus grande partie de la contrée et forment presque toute la côte, depuis le saut Sainte-Marie jusqu'au massif granitique, et depuis le lac Portage jusqu'au fond du lac. Un immense lambeau se présente encore entre le trapp et le granite, de la baie de la Bête-Grise jusqu'à la Black-River. La disposition des couches et leur apparence ne laissent pas le moindre doute sur l'identité des grès dans les différentes parties; il s'est primitivement déposé en couches horizontales sur toute la contrée, au-dessus des roches qui ont maintenant la texture de conglomérat et de trapp.

Grès.

Les couches de grès sont colorées en rouge plus ou moins foncé, les plus rapprochées du conglomérat sont très-chargées d'oxyde de fer; les couches supérieures sont peu colorées, et la pâte devient calcaire pour celles immédiatement inférieures au calcaire magnésien.

Les grains sont presque toujours de quartz et de feldspath; la pâte est ferrugineuse et ressemble à de la boue de consistance argileuse, telle que pourrait la donner la désagrégation et la décomposition partielle des roches amphiboliques. Les couches peu colorées et blanches ont une consistance assez faible, ne contiennent que très-peu ou même pas de ciment, excepté dans les parties supérieures de la formation dans lesquelles la pâte est calcaire.

Aucun fossile n'a encore été signalé dans les conglomérats et dans les grès, et leur âge ne peut être déterminé que par leur position au-dessous des calcaires

magnésiens qui appartiennent à l'époque silurienne inférieure.

Fentes
des terrains.

A la pointe de Keweenaw, depuis l'extrémité orientale jusqu'à la mine Albion, près de laquelle le greenstone cesse d'être apparent; les terrains de trapp, de conglomérat et de grès présentent de nombreuses fentes presque verticales et toujours sensiblement normales à la direction des couches; elles sont plus nombreuses et plus marquées dans le trapp que dans les terrains sédimentaires; on peut les observer principalement dans le greenstone, sur le versant méridional qui présente la tranche du terrain bien à découvert. Auprès des coudes que forme la direction, les fentes sont tellement rapprochées que la roche trappéenne paraît avoir une structure colonnaire analogue à celle des basaltes.

Dans les grès, les fentes ne sont pas aussi rigoureusement normales à la stratification, et conservent leur parallélisme sur une assez grande étendue; dans le conglomérat on distingue plutôt de grandes fractures que des fentes véritables.

Dans les régions du Portage et d'Ontonagon, le trapp n'est pas aussi fissuré que dans la partie orientale de la Pointe; il paraît y avoir eu écartement des bancs successifs les uns des autres, en même temps que de grandes brisures indiquées par les vallées transversales. Les grès présentent encore des systèmes de fentes parallèles, presque verticales, mais assez écartées les unes des autres.

Calcaire
magnésien.

Le calcaire magnésien se trouve seulement en quelques points à l'ouest de la baie de Keweenaw, reposant sur des grès blancs; il n'a d'importance qu'au point de vue géologique, comme témoin de l'identité des grès de la contrée métallifère, avec ceux sur lesquels repo-

sont les calcaires magnésiens, situés à l'ouest du saut Sainte-Marie.

Dans ces calcaires on a trouvé des fossiles (presque tous des moules intérieurs) dans lesquels M. James Hall a reconnu les espèces suivantes qui appartiennent à la période silurienne inférieure.

Murchisonia, *Gasteropode Murchisonia* ou *Loxomena*, *Amygdalina orbiculata* et *amygdalina*, *Modiolopsis truncatus*, *Edmondia subtruncata*, *subangulata* et *ventricosa*, *Lentena sericea*, *Orthis*, *Crinoïdes leptocrinus*.

Avant de parler des alluvions qui couvrent sur une grande épaisseur la majeure partie de la contrée, il me semble utile de résumer en peu de mots la constitution géologique des bords du lac Supérieur.

Résumé.

On rencontre au lac Supérieur des roches de trois natures bien différentes :

1° Des roches déposées primitivement sous les eaux en couches horizontales, le calcaire magnésien, les grès et les conglomérats ;

2° Des trapps, dont l'origine ignée est encore douteuse ;

3° Des granites et des roches métamorphiques, dont l'apparition a certainement suivi le dépôt des autres terrains.

Le granite et les roches métamorphiques paraissent constituer les montagnes de toute la partie orientale du lac ; vers le nord, ils forment à une faible distance du rivage une chaîne très-élevée, dont la direction est sensiblement parallèle à celle de l'Ile-Royale, N. 65° E. à S. 65° O. Les trapps et les grès disloqués et relevés sur cette chaîne ne laissent pas le moindre doute que le granite ait été la roche soulevante, au moins dans cette partie du lac.

Sur la rive méridionale le granite, recouvert en partie par les micaschistes, le jaspé des roches amphiboliques, apparaît auprès du rivage, au sud de la baie de Keweenaw, et s'avance jusque dans l'État de Wisconsin, dans la direction S. 70° O. Là encore les terrains ont été brisés et soulevés par cette roche, car on trouve au nord comme au sud les grès en couches horizontales à une certaine distance du granite, disloqués et relevés au contact de cette chaîne de montagnes.

Il est fort difficile, dans l'état actuel des explorations faites dans cette partie de la contrée, d'émettre une opinion sur la nature première des roches amphiboliques en contact avec le granite, et désignées par les géologues américains comme métamorphiques.

Je me borne à signaler cette question intéressante qui s'écarte du but de mon mémoire, l'étude des gisements de cuivre.

Le trapp, sous différentes variétés, compacte, grenue, amygdaloïde, cristalline, porphyrique, se présente en bancs puissants, parallèles entre eux, parallèles également aux couches des conglomérats et des grès, et séparés assez fréquemment les uns des autres par des lits de ces deux roches sédimentaires.

Il apparaît tout le long de la côte du Canada, à l'est et au nord; à l'Île-Royale et sur la côte américaine, depuis l'extrémité de la pointe de Keweenaw jusque bien loin vers l'ouest, dans le Wisconsin.

Au nord, le trapp est disloqué et relevé au contact du granite; à l'Île-Royale les bancs sont inclinés vers le sud de 10 à 12°, en plongeant sous les eaux du lac, recouverts en partie par les conglomérats et par les grès.

A la pointe de Keweenaw, la disposition du trapp est

un peu complexe, et la direction n'est pas aussi régulière qu'à l'Île-Royale. La direction des bancs présente plusieurs inflexions auxquelles semblent correspondre des cassures transversales de tous les terrains, et varie depuis E.-O. jusqu'à N. 10° E. à S. 10° O.

Dans toute son étendue, le trapp est divisé en deux parties par une chaîne de montagnes qui est en général plus rapprochée de la limite méridionale de la zone : le versant septentrional présente pour tous les bancs l'inclinaison vers le nord, sous un angle variable de 55° à 25°; sur le versant opposé le pendage est vers le sud, sous un angle compris entre 30° et 60°. Cette disposition prouve que les bancs de trapp ont été brisés suivant la direction de cette chaîne de montagnes, par une roche qui les a relevés en ne venant pas jusqu'à la surface. On peut conjecturer que cette roche soulevante est le granite, par analogie avec les positions respectives du trapp et du granite sur la rive septentrionale au Canada, et à l'ouest à la limite du Minnesota.

Les Porcupine-Mountains, à l'ouest de l'Ontonagon, représentent un soulèvement partiel tout à fait analogue, la présence du jaspe au sud de ces montagnes, comme au mont Houghton, l'aspect porphyrique du trapp, sont autant d'indices qui confirment la proximité du granite.

La disposition des bancs de trapp, au nord et à l'est, sur les rives canadiennes, au sud, à la pointe de Keweenaw, et sur toute la côte américaine, démontre l'existence de cette roche sous la plus grande partie du lac.

Les conglomérats présentent en plusieurs parties de la contrée une puissance considérable, notamment à la pointe de Keweenaw, depuis l'Île Manitou jusque vers Eagle-River, et à l'Île-Royale vers son extrémité méridionale.

dionale : ils sont moins en évidence vers l'ouest, dans les régions du Portage et de l'Ontonagon.

Leurs couches inférieures, accompagnées de grès rouges, offrent des alternances curieuses avec les bancs supérieurs du trapp; elles ont été bien observées à la mine de Copperfalls, dont les galeries d'écoulement ont traversé presque tous ces terrains.

Les lits de conglomérats et de grès qui séparent les bancs de trapp, les alternances que présente la partie supérieure de la formation trappéenne, et principalement l'immense étendue et la régularité de ces alternances, semblent indiquer que les trapps ont été produits en même temps que la formation sédimentaire et non pas postérieurement aux dépôts des couches.

Les grès recouvrent partout les conglomérats et sont en stratification parfaitement concordante avec eux, ils s'étendent depuis le saut Sainte-Marie jusque dans l'État de Wisconsin, en trois bandes distinctes, appartenant à la même formation, brisée et soulevée par le massif granitique du Sud et par les trapps de la pointe de Keweenaw. Ils se prolongent certainement sous les eaux du lac, car ils apparaissent à l'Île-Royale dans la position symétrique de celle qu'ils occupent sur la côte méridionale.

La bande de grès située la plus au sud, présente sur le rivage du lac des escarpements qui permettent d'étudier la partie moyenne de la formation, marquée par des alternances de couches de couleur rouge et de couches faiblement colorées; de ce côté, la partie inférieure de la formation est cachée par les eaux du lac; la partie supérieure est composée de grès presque blancs, dont la pâte est calcaire.

Au contact du granite et des roches amphiboliques, les couches de grès sont relevées et plongent vers le sud.

La seconde bande des grès, comprise entre le granite et le trapp, est relevée au contact des deux roches et présente la forme d'un immense fond de bateau.

Les couches de grès sont horizontales dans toute la partie moyenne de la bande; vers le sud, au contact du granite, elles plongent vers le nord; au nord, au contact du trapp, elles plongent vers le sud.

Il serait d'un grand intérêt de pouvoir étudier en détail la disposition des grès auprès du trapp; sur presque toute la ligne de séparation, qui s'étend de la pointe de Keweenaw à la Black-River, le grès repose presque immédiatement sur le trapp et ne laisse apercevoir les conglomérats que sur une faible épaisseur, et seulement dans certaines parties. Il est certain cependant que les conglomérats doivent avoir de ce côté le même développement que vers le nord, puisque vers les mines Algonquin et Douglas Houghton ils sont bien symétriques des deux côtés du trapp.

Entre ces deux mines, les montagnes de trapp possédant le double pendage, celles qui marquent l'axe du soulèvement, sont placées au milieu de la zone de trapp, tandis que partout ailleurs elles sont plus rapprochées de la limite méridionale. Ces dispositions portent à penser que la cassure des terrains s'est faite obliquement, et non pas toujours perpendiculairement aux couches; l'angle de brisure a dû être plus faible à la pointe de Keweenaw que dans la contrée d'Ontonagon; il a dû être très-voisin de 90° entre les mines précédemment citées.

Cette hypothèse explique assez bien comment les grès du sud peuvent empiéter sur le trapp, et ne laissent pas apercevoir les tranches successives du trapp, des conglomérats et des grès, aussi bien que vers le nord.

Dans cette zone de grès, et vers la limite méridionale on a constaté plusieurs îlots, les uns de trapp, les autres de grès, présentant les bancs et les couches inclinés vers tous les points de l'horizon. Ils indiquent une série de soulèvements isolés, encore imparfaitement étudiés, pour lesquels la roche soulevante n'a pas traversé le trapp, et même n'a pas forcé le trapp à traverser les grès.

Vers l'ouest de la baie de Keweenaw on a rencontré quelques lambeaux de calcaire magnésien, identique avec celui qui se présente entre les deux lacs Supérieur et Michigan.

Ils indiquent que le calcaire s'étendait bien loin au sud, et qu'il a été brisé et enlevé par les soulèvements qui ont donné à la contrée son relief actuel.

La bande de grès du nord forme tout le rivage, depuis Eagle-River jusqu'au fond du lac; les couches sont relevées vers le sud, parallèlement aux bancs de trapp, et leur angle d'inclinaison diminue progressivement vers le nord. Ils sont recouverts en grande partie par les sables et argiles, mais on peut les observer en différents points et constater leur identité avec ceux qui existent plus au sud. Les grès de l'île-Royale, plongeant sur le sud, reposant sur les conglomérats, sont bien évidemment la continuation de ceux observés à la pointe de Keweenaw.

Le calcaire magnésien, caractérisé par des fossiles qui tous appartiennent à l'époque silurienne inférieure, forme une zone assez étendue à l'ouest du Saut-Sainte-Marie; il se présente encore en lambeaux isolés à l'ouest de la baie de Keweenaw. Partout il est supérieur aux grès et repose sur eux en stratification concordante.

Origine du trapp.

La véritable origine du trapp me paraît encore assez obscure : les géologues américains le considèrent

comme une roche volcanique, venue au jour dans un état de fluidité parfaite, mais cette hypothèse n'explique pas d'une manière satisfaisante la disposition, et surtout l'immense étendue des bancs de trapp, toujours et partout rigoureusement parallèles aux lits et aux couches des conglomérats et des grès.

La disposition de toutes les roches serait plus facile à expliquer en admettant que des trapps sont des schistes ferrugineux métamorphiques.

Je ne peux cependant aborder maintenant la discussion de cette hypothèse; je dois attendre qu'un second voyage au lac Supérieur m'ait mis en position d'étudier plus en détail les caractères minéralogiques et la disposition de tous les terrains.

Quelle que soit du reste l'origine du trapp, il est évident qu'il s'est produit en bancs horizontaux, avant et pendant la formation des conglomérats, sur lesquels se sont déposés les grès, et plus tard le calcaire magnésien.

L'ensemble de ces roches, trapp, conglomérat, grès et calcaire, a recouvert un immense bassin, dont une partie seulement est occupée par le lac Supérieur.

Le granite a brisé, soulevé et même traversé tous les terrains, et pendant les bouleversements produits par son apparition au jour, le calcaire a été presque complètement enlevé.

La direction des deux chaînes granitiques du nord et du sud, celle des bancs et des couches de l'Île-Royale, la direction qu'on peut attribuer à la zone de trapp de la pointe de Keweenaw en négligeant ses sinuosités, sont E. 25° N. à O. 25° S.

On doit admettre, d'après les fossiles du calcaire magnésien, que les terrains observés au lac Supérieur appartiennent à l'étage silurien inférieur. Le soulèvement

a dû se faire à la fin de la période pendant laquelle le calcaire se déposait sous les eaux.

§ III. — Alluvions.

On rencontre dans tout le nord de l'Amérique, les rochers polis, striés et sillonnés dans une direction déterminée, les dépôts de sables et argiles, graviers, galets et blocs de toutes dimensions, transportés du nord vers le sud, dont l'explication a produit de si nombreuses discussions entre les plus éminents géologues.

En Amérique et dans le nord de l'Europe, les faits observés sont presque identiques; les matériaux transportés paraissent avoir suivi la même direction; elle est du nord au sud dans son ensemble, mais présente plusieurs déviations locales, suivant les obstacles que les hautes montagnes ont opposés au mouvement.

Au lac Supérieur, les phénomènes erratiques sont évidemment postérieurs aux gisements de cuivre natif, n'ont avec eux aucune relation, mais leur étude est trop intéressante pour que je ne m'y arrête pas quelques instants. J'exposerai seulement les faits observés dans la contrée, sans entrer dans la discussion des hypothèses qui pourraient être faites pour les expliquer.

Roches polies, striées et sillonnées. — Les sillons tracés sur les roches en évidence, dont la forme est arrondie du côté du nord, se rapportent certainement au commencement de la période erratique, car en plusieurs points on rencontre les stries sous les alluvions les plus anciennes; ils sont principalement en évidence à la Royale et à l'extrémité orientale de la pointe Keweenaw, par suite de l'absence des alluvions.

A l'île-Royale, les promontoires qui s'avancent vers le nord-est sont tous arrondis et striés des deux côtés; toute la côte exposée au nord présente également des stries, et les roches sont partout arrondies et polies. — L'extrémité occidentale de l'île ne présente aucune indication de cette nature, mais on les retrouve, peut-être moins développées, sur toute la côte méridionale. Le conglomérat lui-même est sillonné comme le trapp, mais les stries sont moins distinctes; on doit l'attribuer à ce que le conglomérat est une roche moins dure, sur laquelle les agents atmosphériques ont produit plus facilement la décomposition de la surface.

La direction des stries paraît être dans toute l'étendue de l'île-Royale N. 50° E. à S. 50° O., et par conséquent assez peu différente de l'orientation des terrains (1).

A la pointe de Keweenaw, les alluvions n'ont pas été constatées dans toute la partie orientale, mais les roches polies et striées sont très-apparences dans toute la zone de trapp : leur direction générale est N. 20° E. On ne les distingue pas sur les conglomérats et sur les grès par la raison que j'ai indiquée tout à l'heure, par suite de la décomposition lente de la surface par les agents atmosphériques. A l'ouest, dans les contrées du Portage et d'Ontonagon, les stries sont presque partout cachées par les alluvions.

Dans le massif granitique de Carp-River, les bords du lac, et toutes les pentes des montagnes exposées au nord présentent des stries dirigées dans leur ensemble

(1) En plusieurs points de l'île-Royale, on remarque des stries irrégulières, à une faible distance au-dessus et au-dessous du niveau du lac : elles sont évidemment très-modernes et produites par les glaces qui se forment actuellement pendant l'hiver.

du N.-E. au S.-O. Les directions observées sont assez différentes, depuis N.-S. jusqu'à N.-65° E., depuis celle qui paraît être la direction normale erratique jusqu'à celle de la chaîne des montagnes granitiques.

Les explorations faites dans cette région ne sont pas assez nombreuses pour qu'on puisse établir la relation qui doit exister entre la direction des stries, et la hauteur et la forme des montagnes, sur lesquelles elles sont observées.

Galets, argiles, sables et graviers, blocs erratiques.

— Les dépôts que j'ai désignés jusqu'à présent sous le nom d'alluvions, comprennent des matériaux très-divers, qui présentent assez fréquemment une apparence de stratification horizontale. Ces alluvions sont très-développées; sur la côte méridionale du lac, depuis le Saut-Sainte-Marie jusque vers la Chocolate-River; sur toutes les bandes de grès au nord et au sud du trapp; elles remplissent le fond des vallées du trapp dans toute la contrée d'Ontonagon, à l'ouest elles ont été signalées bien au-delà de *fond du lac*. Au sud elles s'étendent jusqu'aux vastes prairies du Wisconsin et de l'Illinois.

Blocs erratiques.

Les blocs erratiques, de toutes les dimensions, tous arrondis et composés de roches dures, granite, hornblende, trapp, et même de cuivre natif et de fragments de filons; les uns bien polis, les autres striés, ont été reconnus dans les sables, dans les argiles, dans les graviers, dans les dépôts de galets. On les retrouve encore isolés sur plusieurs montagnes élevées, à des hauteurs de 300 mètres et plus au-dessus du niveau actuel du lac.

Les blocs ont par conséquent été déposés pendant toute la période erratique; ils ont été transportés du nord vers le sud, car en chaque point où ils sont con-

statés, il sont composés de roches n'existant qu'au nord. Ceux de l'île-Royale, de la pointe Keweenaw et de la contrée d'Ontonagon, proviennent des roches de la côte septentrionale du lac; les blocs du sud et du sud-ouest, qui forment une longue trainée dans les États de Wisconsin et d'Illinois, proviennent du massif granitique et métamorphique, qui s'étend au sud de la région métallifère.

La meilleure preuve à donner du transport du nord au sud est l'existence des blocs de minerais de fer au sud de la contrée de Carp-River, tandis que, plus au nord, aucun bloc de cette nature n'a été signalé.

En étudiant la disposition des alluvions on peut reconnaître une succession probable, dans le dépôt des galets, des argiles, des sables et des graviers.

Les galets mélangés de sables et d'argile forment la base de la formation; ils ne sont en évidence qu'au sud du lac dans les deux zones du grès, au nord des Pictured-Rocks et du Portage. Ils ne sont pas à une grande hauteur au-dessus du niveau du lac: les matériaux qui les composent semblent provenir des montagnes voisines et n'avoir pas été transportés à de grandes distances.

Les argiles assez régulièrement stratifiées, mais renfermant encore des galets, et des blocs de grandes dimensions reposent sur le dépôt précédent, ou sur les roches elles-mêmes, quand ce dépôt manque. Elles ont été constatées à la base des alluvions près du Saint-Sainte-Marie, et surtout dans la contrée d'Ontonagon. Dans cette partie du lac, elles remplissent les vallées de la zone de trapp et paraissent provenir de la décomposition de la roche trappéenne. Elles se présentent encore, mais plus mélangées de sables quartzeux, au nord de cette zone, dans les vallées qui répondent aux conglomé-

Alluvions.

mérats et aux grès feldspatiques. Les argiles accompagnées de sables et graviers sont très-abondantes dans la bande des grès au sud du trapp. Il est impossible de connaître l'épaisseur réelle des argiles; elle ne paraît pas dépasser 15 à 20 mètres.

Les sables et les graviers, accompagnés de galets, tantôt colorés en rouge, tantôt presque blancs, se présentent au-dessus des argiles à l'extrémité de la rivière du Saut, au Grand-Sable; dans toutes les autres parties du lac, il est difficile de distinguer si les sables sont plus récents que les argiles, ou si les deux dépôts sont contemporains. Ils existent sur une épaisseur de 20 à 30 mètres sur les trois zones dont j'ai parlé au commencement de ce chapitre, formant des pentes douces vers le lac, présentant des terrasses dans lesquelles on peut voir la preuve d'élévations successives des terrains, ou remplissant les vallées étroites limitées par des montagnes de grès.

Il est important de remarquer que sur la rive méridionale, à l'est du Saut Sainte-Marie, et sur la zone de grès qui s'étend au nord du trapp, les sables sont en général presque blancs, et que leur coloration est en relation évidente avec celle des couches de grès sur lesquelles ils reposent.

On peut étudier ces changements de couleur en allant de la ville d'Ontonagon à la mine de Toltec, située à plus de 25 kilomètres vers le sud : on voit les alluvions de graviers et de sables se colorer de plus en plus et devenir plus argileuses à mesure qu'on s'approche des conglomérats et du trapp.

Cette observation porte à faire considérer les sables et graviers comme provenant de la désagrégation locale, au moins en grande partie, des roches environnantes, et par conséquent à faire admettre que les

deux dépôts de sables et d'argile sont à peu près contemporains, produits par la même cause, et n'ont pas été transportés à de grandes distances.

Les couches irrégulières de graviers et de galets recouvrent les sables en un petit nombre de points; ils ne sont bien développés que sur la rive méridionale du lac, au Grand-Sable et sur la côte occidentale de la rivière du Saut. Leur épaisseur ne dépasse pas 4 à 5 mètres, et leur disposition en couches mal stratifiées paraît indiquer une période moins tranquille que celle des argiles et des sables.

Les terrasses du lac Supérieur sont bien caractérisées en différents points, au Grand-Sable et sur la côte méridionale, à l'est et au nord, sur la rive canadienne. Leur aspect et leurs dimensions ne sont pas les mêmes au nord et au sud, et chaque terrasse a sa disposition particulière.

Terrasses.

Elles présentent toutes une succession de talus à pentes assez douces, en retraite les uns sur les autres, se prolongeant à une distance de plusieurs kilomètres, en se rapprochant progressivement.

Il est permis de considérer chacune de ces terrasses comme indiquant le niveau du lac à une époque récente; mais alors il faut admettre que le terrain a été diversement élevé aux différents points du lac à des époques successives. Si l'élévation avait été générale, on retrouverait dans toutes les terrasses la correspondance des hauteurs et la continuité qui leur manquent.

Les variations irrégulières et momentanées du niveau de l'eau, qu'on observe maintenant encore sur les côtes des grands lacs, peuvent être expliquées par des mouvements du sol, qui s'abaisse et se relève successivement. Dans cette hypothèse, on peut voir dans les variations actuelles la continuation, sur une échelle

moindre, du phénomène qui a produit les terrasses.

On peut aussi conjecturer que l'absence des alluvions à l'extrémité de la pointe de Keweenaw et à l'île-Royale peut provenir de la dénudation produite par un abaissement momentané au-dessous du niveau du lac. On peut même indiquer à la pointe de Keweenaw le lac Portage comme axe de rotation.

Alluvions
modernes.

Il ne faut pas confondre avec les alluvions anciennes les dépôts de sables que les rivières apportent sur les bords du lac, et qui forment à leurs embouchures des barres plus ou moins développées. On peut les étudier à Eagle-River, et surtout à Ontonagon; dans cette localité la côte est très-basse et formée des sables et graviers sur lesquels se déposent, jusqu'à une grande distance du rivage, les boues rougeâtres entraînées par la rivière.

La discussion des hypothèses qu'on peut faire pour expliquer les stries, les blocs erratiques, et les alluvions anciennes, m'entraînerait au delà des limites de mon travail. Cette question est d'ailleurs trop importante pour que j'ose l'aborder après un seul voyage, dans lequel mon attention s'est portée principalement sur les gisements de cuivre. J'espère la traiter dans un second mémoire après avoir visité de nouveau ces contrées lointaines. Je chercherai en même temps à constater d'une manière plus précise les relations qui existent entre le trapp et les conglomérats; car ces relations peuvent seules faire connaître si le trapp du lac Supérieur est réellement arrivé en parfaite fusion, ou s'il doit être considéré comme une roche métamorphique, représentant les grauweekes d'Europe.

CHAPITRE III.

DES GISEMENTS DU CUIVRE ET DE L'ARGENT.

Dans le chapitre qui précède, j'ai exposé la constitution géologique de la contrée, sans parler des gisements de minerais de cuivre, de cuivre et d'argent natifs, qui sont évidemment postérieurs à la formation des terrains de trapp, de conglomérats et de grès. Leur postériorité est prouvée par la composition même de ces terrains et par la disposition des gisements.

Age des filons.

Le cuivre et l'argent se trouvent partout dans des filons, qui courent parallèlement aux bancs de trapp, ou coupent presque à angle droit tous les terrains.

En dehors des filons on ne trouve aucune trace de cuivre dans les grès et dans les conglomérats; et si dans certaines zones amygdaloïdes du trapp on a constaté l'existence du cuivre, la présence de ce métal s'explique aisément par la nature poreuse de la roche et par le contact immédiat des filons.

Il en résulte que les gisements de cuivre et d'argent sont postérieurs aux trapps, aux conglomérats et aux grès.

On doit donc admettre que les filons n'ont été produits que postérieurement aux terrains sédimentaires de l'époque silurienne inférieure. La disposition de tous les gisements explorés jusqu'à présent dans la partie américaine du lac Supérieur concorde parfaitement avec cette conclusion; elle conduit à l'hypothèse

que les gisements ont été produits par le remplissage ultérieur des fentes que le soulèvement a déterminées dans tous les terrains.

Gisements
du cuivre.

Je ne m'occuperai pas des filons reconnus à l'île Michipicoten et sur la côte du Canada; leur importance n'est pas encore constatée, et je n'ai pas pu me procurer sur eux des renseignements positifs.

A l'île-Royale, à la pointe de Keweenaw, dans la région du Portage et dans la contrée d'Ontonagon, le cuivre natif et les minerais de cuivre se présentent dans des gisements bien différents, qui tous cependant se rapportent à un même mode de formation et à la même époque.

On peut distinguer :

1° Les filons à peu près verticaux, sensiblement perpendiculaires à la direction des bancs de trapp et des couches de conglomérats, traversant presque sans déviations ces deux terrains et même les grès.

2° Les filons parallèles aux bancs de trapp, soit en même temps en direction et en inclinaison, soit seulement en direction. Les premiers sont de vrais filons de contact, intercalés entre des bancs de nature différente; les seconds sont des filons véritables, presque toujours accompagnés de veines importantes pénétrant entre les bancs de la roche encaissante. Ils n'ont été jusqu'à présent explorés que dans le trapp; on ne les a pas cherchés dans le conglomérat, parce que l'on sait maintenant que ce terrain n'est pas métallifère, et que d'ailleurs il est recouvert en grande partie par les alluvions.

3° Les bancs amygdaloïdes très-poreux, imprégnés de cuivre natif, dont la richesse paraît n'être un peu notable que dans le voisinage des filons transversaux ou des filons parallèles à la direction des terrains.

Chacune des régions a sa nature spéciale de gisement : l'Île-Royale et la pointe de Keweenaw possèdent principalement les filons transversaux ; dans la contrée d'Ontonagon on exploite exclusivement les filons parallèles à la direction des bancs de trapp ; dans la région intermédiaire du Portage on n'a reconnu que des filons de contact peu puissants, auxquels se lient les bancs d'amygdaloïde imprégnés de cuivre.

Ce simple aperçu suffit pour montrer la relation intime qui existe entre le mode de gisement et le genre de fractures que le soulèvement a produites dans les terrains.

Relation avec
les fractures dues
au soulèvement.

A l'Île-Royale, éloignée du massif granitique du nord auquel on peut attribuer le relèvement, les fractures transversales sont en général peu prononcées, les filons sont peu puissants, et jusqu'ici n'ont pas été très-productifs.

A la pointe de Keweenaw, les bancs de trapp présentent des fentes verticales très-rapprochées, toutes normales à la direction : elles sont nombreuses au coude peu prononcé qu'on remarque vers l'est, et bien plus encore à l'inflexion très-forte que prennent les terrains auprès d'Eagle-River. Dans cette partie le soulèvement a produit en même temps une poussée vers le nord-ouest, en pressant les bancs les uns contre les autres ; ils ont cédé à l'effort en se cassant transversalement, et les fissures les plus larges ont été remplies par les matières des filons, matières qui ont pu pénétrer jusqu'à une certaine distance dans les parties poreuses des roches amygdaloïdes.

Dans la contrée d'Ontonagon le terrain, soulevé et maintenu vers le sud et vers l'est, soumis en même temps à l'ouest à l'action comprimante des Porcupine-Mountains, a dû s'ouvrir dans deux directions, l'une

transversale, l'autre longitudinale vers l'intérieur de la courbe.

L'effet transversal est marqué par les fractures, ou vallées profondes, dans lesquelles coulent les rivières en tous les points qui offrent une variation partielle dans la courbure; l'effet longitudinal est indiqué par des filons qui se continuent à des distances considérables, parallèles aux bancs du trapp, ou les coupant en profondeur sous un angle très-aigu.

Le lac Portage est situé sur une fracture transversale ou faille bien caractérisée, des deux côtés de laquelle les terrains ne sont pas à la même hauteur; elle a été l'effet principal produit par le soulèvement dans cette partie de la contrée. Au nord et au sud de cette faille le trapp est peu tourmenté, et les matières des filons n'ont pu se faire jour que dans des fentes longitudinales peu continues, qui leur ont permis de pénétrer dans les bancs d'amygdaloïde; aussi le cuivre se présente-t-il principalement dans cette région disséminé dans les couches poreuses du trapp.

D'après ces relations, les gisements se trouvent dans les fentes produites par le soulèvement, remplies ensuite par un phénomène dont il est difficile de préciser le mode et le moment d'action.

Cette manière d'expliquer la disposition des gisements du cuivre est rendue plus certaine encore par l'étude des affleurements et des travaux d'exploitation.

Filons de la pointe
de Keweenaw.

Je considère d'abord les filons de la pointe de Keweenaw, parce que ce sont les plus nets, et ceux qui mettent le plus en évidence l'influence de la roche encaissante sur la nature de la gangue et sur la richesse en cuivre.

Les filons sont assez bien connus depuis le greenstone jusqu'au bord du lac, mais au sud du trapp cristallin

on n'a fait d'explorations qu'au pied même de cette chaîne de montagnes. Les filons se prolongent bien loin vers le sud ; on les a reconnus des deux côtés des Bohemian-Mountains, on a même commencé des exploitations au lac la Belle, près du mont Houghton, et au lac Gratiot. L'éloignement des ports de la côte septentrionale, la difficulté d'établir des chemins convenables dans un pays aussi accidenté, les résultats plus heureux obtenus dans le voisinage presque immédiat du greenstone, ont déterminé la concentration actuelle des travaux des mines dans la partie nord de la pointe de Keweenaw.

Des explorations faites au sud résulte la certitude que les filons traversent toute la contrée : on les voit, au nord dans la bande de conglomérat qui forme le rivage, se prolonger sous les eaux du lac aussi loin que la profondeur de l'eau permet de les apercevoir : au sud des Bohemian-Mountains, ils disparaissent sous les grès, qui, d'après l'obliquité probable du plan de rupture, doivent recouvrir en partie la tranche des terrains soulevés.

Dans la région qui s'étend depuis l'extrémité orientale de la Pointe jusqu'à la mine Albion, les filons transversaux sont extrêmement nombreux, leur distance ordinaire paraît comprise entre 200 et 600 mètres, et tous sont à peu près perpendiculaires à la direction du trapp : quelques-uns paraissent faire exception et couper les bancs sous un angle plus ou moins aigu ; mais en les étudiant avec attention, on peut reconnaître qu'ils sont des veines détachées d'un filon principal ou qu'ils ne s'étendent en diagonale qu'entre deux filons normaux.

Plusieurs d'entre eux peuvent être suivis aux affleurements depuis le conglomérat du nord jusqu'aux grès

du sud, ce sont les filons principaux (main lodes); d'autres au contraire paraissent limités à certaines zones des terrains.

Il est du reste facile de comprendre que dans une contrée si peu habitée, couverte de forêts vierges, on n'a pu faire que des explorations incomplètes; et chaque jour voit s'augmenter la liste des filons qui traversent tous les terrains.

En passant d'un terrain dans un autre, ou d'un banc de trapp au suivant, les filons ne paraissent pas rejetés: cependant j'ai cru distinguer dans la partie orientale, entre Agate et Copper-Harbor, que les filons du sud ne correspondent pas à ceux du nord, et semblent rejetés vers l'ouest. Je n'ose rien affirmer à cet égard, en l'absence de travaux d'exploration convenablement suivis: mon opinion est basée seulement sur les caractères des affleurements. Il n'y a pas de concordance entre les caractères des deux parties, qui sont dans la même direction au nord et au sud du greenstone; il y a au contraire une ressemblance frappante entre plusieurs des filons explorés vers le nord et ceux qui vers le sud se trouvent à près de 200 mètres plus à l'ouest. Dans le voisinage de la vallée d'Eagle-River il n'y a certainement aucun rejet.

Dans toute la zone moyenne au sud du greenstone et au nord jusqu'aux bords du lac les filons paraissent très-réguliers; au contraire au sud des montagnes porphyriques, ils sont très-irréguliers et en général moins puissants que vers le nord.

Quant à leur allure elle est tout à fait analogue à celle de nos filons d'Europe: la veine principale est souvent accompagnée de veines secondaires, détachées au toit ou au mur, se réunissant à la première en profondeur et en direction. Dans les bancs d'amygda-

loïde, la matière de remplissage pénètre à une certaine distance dans la roche encaissante; mais dans les terrains compactes les parois sont bien dessinées, et très-souvent des sallbandes argileuses établissent une séparation bien nette entre le corps du filon et ses épontes : dans le greenstone on ne distingue plus de veines principales, les filons se divisent en un grand nombre de veinules, qui se réunissent soit dans la roche cristalline, soit plus ordinairement dans l'amygdaloïde au sud, ou dans le trapp compacte au nord.

La matière de remplissage est à peu près la même pour tous les filons dans les terrains correspondants; elle est très-différente pour chacun d'eux dans les conglomérats et dans les diverses variétés du trapp.

Relations
des filons avec
les terrains
encaissants.

Chaque zone des terrains imprime pour ainsi dire aux filons son cachet spécial : certains bancs de trapp ont aussi une grande influence sur la richesse en cuivre, et principalement sur l'état de combinaison de ce métal.

Chaque filon a sa richesse particulière, plus grande dans des zones déterminées; mais dans les mêmes zones, les filons qui présentent les plus grandes analogies pour la disposition des gangues, sont très-différemment riches.

Il est donc nécessaire de considérer successivement les relations qui existent entre la nature des terrains encaissants, la disposition des gangues et la richesse en cuivre.

Conglomérats. — Dans les conglomérats les filons n'ont pas de sallbandes, et la gangue est presque toujours du calcaire spathique, blanc laiteux, présentant des clivages très-marqués, mélangé avec un peu de quartz et plus rarement avec du sulfate de baryte presque noir. Dans les rares géodes se trouvent de magnifiques cristaux de calcaire de toutes formes, et

Relation
des terrains
à la
disposition
des
gangues.

principalement le rhomboèdre primitif, l'équiaxe et le métastatique.

Les veines secondaires ne sont pas fréquentes; elles s'écartent peu de la veine principale et s'y réunissent à de faibles distances. Il serait peut-être plus exact de dire qu'il n'y a pas de veines secondaires, mais bien d'énormes fragments de la roche englobés dans le calcaire de la veine principale.

Trapp compacte et amygdaloïde. — Dans les bancs de trapp les filons sont remplis par du calcaire spathique, du feldspath, du quartz, de la chlorite, des fragments angulaires de toute grosseur de trapp plus ou moins altéré, et par une matière argileuse rouge, de la prehnite, de la laumonite, de l'analcime, de l'épidote et du sulfate de baryte.

L'analcime, quelques zéolithes et le sulfate de baryte sont presque toujours en cristaux isolés ou groupés dans les géodes; l'épidote et la laumonite sont ordinairement en veinules très-minces dans les parties voisines des masses de cuivre, et ne se présentent que très-rarement en cristaux bien nets.

La prehnite est fréquente en cristaux mamelonnés dans les géodes, dans le voisinage du cuivre ou sur le cuivre lui-même; intimement mêlée avec le quartz et le feldspath, elle forme une gangue compacte, très-dure, légèrement colorée en vert, et que les mineurs considèrent comme un très-bon caractère.

La matière argileuse rouge paraît provenir de la décomposition du trapp: elle se présente en zones plus ou moins épaisses aux épontes ou dans le milieu des filons; dans le premier cas elle constitue de véritables sabbandes; dans le second elle forme une séparation assez nette entre deux parties inégalement riches.

Les fragments angulaires du trapp sont tantôt verts,

tantôt rougeâtres, quelquefois bien intacts, d'autres fois pénétrés de calcaire et de quartz. Ils sont plus petits et plus nombreux dans certaines parties, et sont empâtés dans du calcaire spathique, ou dans la gangue de quartz, feldspath et prehnite, que j'ai signalée précédemment. Ils donnent au filon l'apparence d'une brèche, dans laquelle dominent en un point la pâte presque blanche, dans un autre les fragments de toute grosseur et de toute coloration.

Dans plusieurs parties des filons, et souvent dans celles qui sont riches en cuivre, on remarque une texture bréchiforme indistincte; le ciment est rendu verdâtre par le mélange de grains très-petits, pour ainsi dire de poussière de trapp, et se fond avec les fragments dont les noyaux seuls font reconnaître la brèche.

Le quartz et le feldspath sont souvent mélangés avec le calcaire, dans le ciment des brèches, mais se présentent aussi seuls ou intimement mêlés, composant avec quelques fragments de trapp toute la gangue des filons. — Cette disposition est plus ordinaire dans les bancs de trapp compacte, voisins du greenstone, et la structure bréchiforme se remarque plus fréquemment dans les bancs tendres et dans l'amygdaloïde.

Le quartz en cristaux isolés, en général assez petits et bien nets, quelquefois légèrement violets, accompagne l'analcime et la prehnite dans les geodes des parties riches.

Le calcaire spathique blanc forme des veines très-puissantes, occupant toute la puissance des filons, ou toute la partie comprise entre une éponte et une bande intermédiaire de matière rouge.

Il est quelquefois en veinules, alternant avec de la chlorite, du quartz, de la lauménite et de l'épidote; il donne alors au filon un aspect zoné, rendu très-curieux

par la différence de couleurs que présentent les différents minéraux.

Enfin il entre à l'état de mélange plus ou moins intime dans les parties bréchiformes.

Le calcaire est plus abondant auprès des grands bancs de conglomérat, et sa présence en veines puissantes dans les parties des filons comprises dans les bandes de trapp, indique presque toujours des couches de grès ou de conglomérat, intercalées dans le terrain de trapp.

Greenstone. — Dans la zone montagneuse du greenstone les filons sont presque tous divisés en plusieurs veines, dont l'ensemble présente la même direction, sensiblement normale aux bancs de trapp cristallin. Elles sont quelquefois très-écartées les unes des autres et ne se réunissent en une seule veine que dans l'amygdaloïde au sud, et dans le trapp compacte au nord. Cette disposition générale porte à supposer que les cassures produites dans le greenstone par le soulèvement ont été moins nettes que dans les autres terrains.

La matière de remplissage des veines ressemble beaucoup à celle que présentent les filons dans le trapp compacte; elle paraît plus quartzeuse encore, et présente fréquemment l'aspect d'une brèche, dans laquelle les fragments de la roche encaissante sont espacés les uns des autres; le ciment est ordinairement compacte et formé de quartz, de feldspath et de calcaire mélangés, de manière à ce qu'il est difficile de discerner les minéraux.

Trapp porphyrique. — Je n'ai pas eu l'occasion d'étudier les filons dans la région du sud, des deux côtés des Bohémian-Mountains, et je n'ai pu me procurer des renseignements que sur la nature des minerais contenus.

Les descriptions de M. Jackson et de MM. Foster et

Whitney, assignent aux veines exploitées de ce côté une puissance assez faible, une grande irrégularité; elles indiquent pour les matières de remplissage, le quartz, le calcaire spathique, du feldspath et de nombreux débris de la roche (1).

Puissance des filons.—Dans le conglomérat, les filons ne présentent ordinairement qu'une seule veine bien encaissée, dont la puissance varie de 0^m,35 à 2^m. Dans le trapp, au contraire, les veines latérales paraissent assez fréquentes et s'écartent parfois beaucoup de la veine principale; elles offrent du reste les mêmes dispositions de remplissage dans les zones correspondantes. On les a négligées jusqu'à présent dans presque toutes les mines en exploitation, pour suivre en direction et en profondeur la veine qui présente le plus d'espérance de donner des masses de cuivre. Il ne faut pas à ce sujet faire la critique de la direction donnée aux travaux, car au lac Supérieur, plus encore que dans les districts des mines d'Europe, les difficultés sont grandes, et la conduite des exploitations est commandée par les circonstances dans lesquelles les mines sont placées. Je peux seulement regretter qu'on ne connaisse pas mieux les relations qui existent entre les filons et leurs veines latérales, auxquelles les Allemands du Harz, les mineurs par excellence, attachent à juste titre une si grande importance.

La puissance des filons est très-variable; elle dé-

(1) Je dois citer comme une exception aux caractères que je viens d'indiquer le filon qui passe derrière le phare de Eagle-Harbor. Il a été exploité dans l'amygdaloïde au bord du lac; on l'a trouvé rempli de laumonite mélangée avec un peu de quartz et du calcaire spathique, empâtant des fragments de la roche trappéenne. Son exploitation, d'abord abandonnée, vient d'être reprise à la fin de l'année 1854.

passé 3^m dans les renflements et descend à 0^m,15, et même 0^m,10 dans les étranglements; elle est plus grande dans l'amygdaloïde que dans le trapp compacte, plus forte vers le nord que vers le sud; sa valeur moyenne paraît être comprise pour les différents filons entre 0^m,25 et 0^m,85. Je reviendrai plus loin sur ce sujet intéressant en décrivant les principales mines en exploitation.

Des métaux utiles
contenus
dans les filons.

Les filons contiennent comme métaux utiles le cuivre et l'argent. Le cuivre se présente soit à l'état natif, soit à l'état de minerais, sulfure, cuivre pyriteux, cuivre gris, oxyde noir, carbonate et silicate. L'argent est toujours à l'état natif, quelquefois seul dans le calcaire spathique, mais souvent mélangé avec le cuivre; ces deux métaux adhèrent fortement l'un à l'autre, au point qu'on peut travailler le cuivre à froid sans séparer l'argent; ils ne sont jamais combinés chimiquement, et même le mélange est toujours en parties discernables. L'analyse n'indique pas d'argent dans les échantillons de cuivre, dans lesquels ce métal ne se voit pas distinctement.

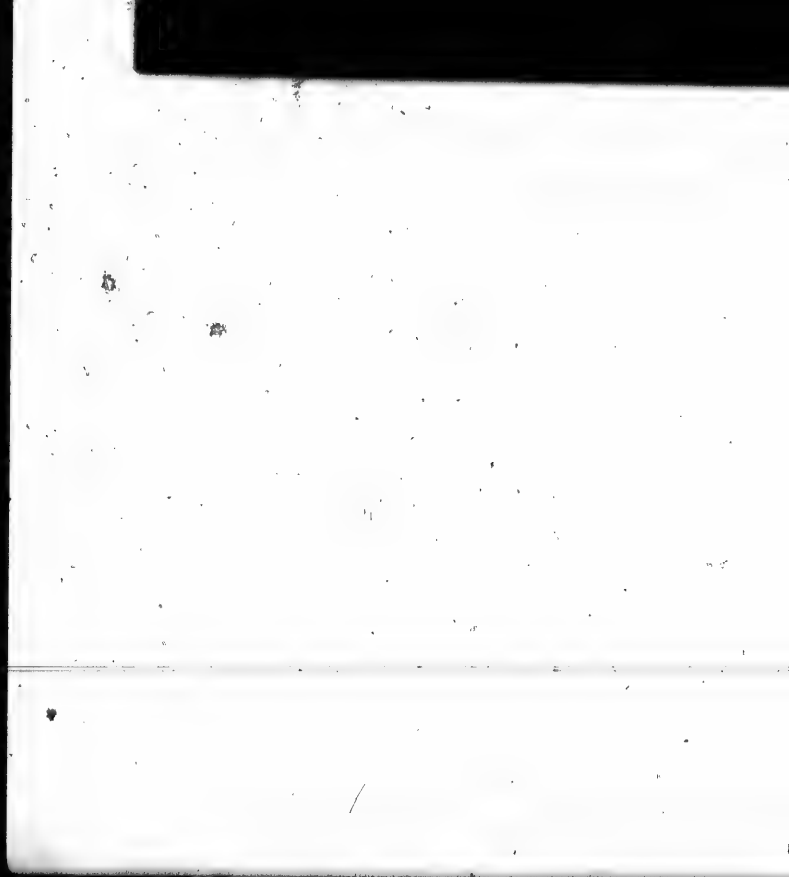
La richesse des filons en cuivre et en argent, et l'état de combinaison du cuivre, dépendent en grande partie de la nature de la roche encaissante. Cette influence, aussi importante au point de vue scientifique que sous le rapport industriel, n'a certainement pas seule présidé à la distribution des métaux dans les différents filons; mais elle est assez évidente pour qu'on doive l'étudier avec grande attention.

Pour l'exposer plus clairement, je vais indiquer successivement les résultats obtenus par les nombreuses recherches et travaux d'exploitation, dans les différents terrains que traversent les filons, depuis les bords du lac au nord jusqu'aux grès du sud.

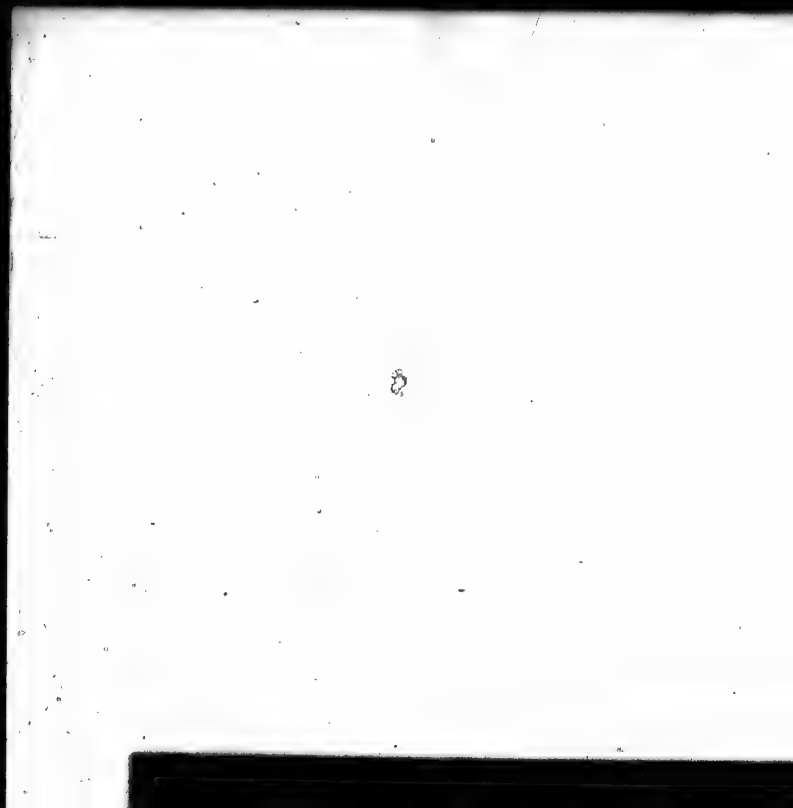
Dans le conglomérat qui s'étend au bord du lac, de l'extrémité orientale de la Pointe à la baie de Agate, les filons ont été presque tous complètement stériles; un petit nombre a présenté des minerais oxydés, disséminés en petites masses dans la gangue de calcaire spathique. Un seul a produit des quantités un peu notables de minerais, cuivre oxydé noir compacte, cristallin ou terreux, du cuivre carbonaté et du cuivre silicaté; il passe derrière le phare de Copper-Harbor, et a été exploré et même exploité en deux points par la compagnie qui possède maintenant Cliff-Mine. Les travaux ont été poussés jusqu'à une trentaine de mètres auprès du fort Wilkins, sur la limite de l'amygdaloïde, dans une colonne assez riche allongée vers le nord. Parmi les raisons assignées à l'abandon des travaux, on signale la disparition du minerai en profondeur, et principalement la richesse extraordinaire en cuivre natif que la compagnie a trouvé dans une autre localité. Quoi qu'il en soit, l'opinion de tous les mineurs du lac est que la bande de conglomérat est à peu près stérile et qu'ils ne peuvent espérer dans cette roche que des minerais oxydés, en des poches peu continues dans les filons.

Dans la zone étroite du trapp, immédiatement inférieure au conglomérat, les filons contiennent du cuivre natif, disséminé en petits grains dans la gangue, ou en masses irrégulières de toutes dimensions. Les travaux commencés ont été presque tous abandonnés, non pas tant par suite du peu de richesse des filons qu'à cause de la disposition du terrain; il fallait pour les continuer les pousser sous les eaux du lac à une grande distance des puits.

La grande zone de conglomérats et grès a été dans le principe le siège d'un grand nombre d'explorations,









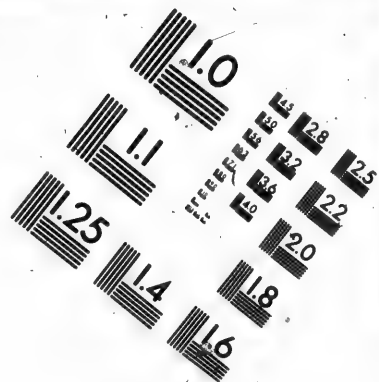
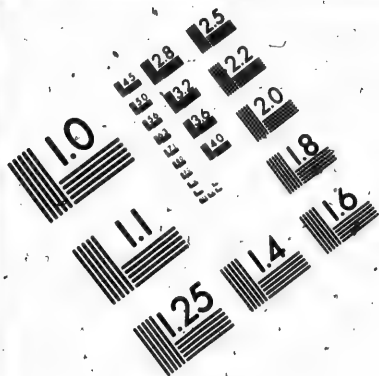
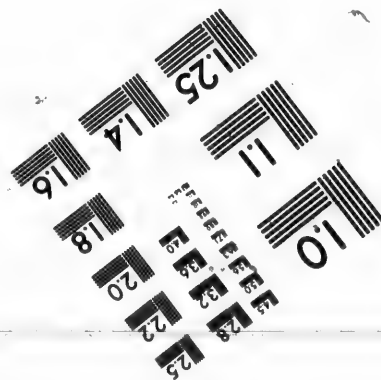
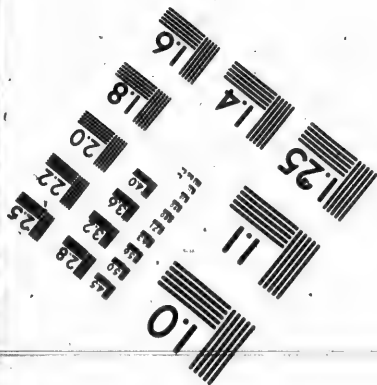
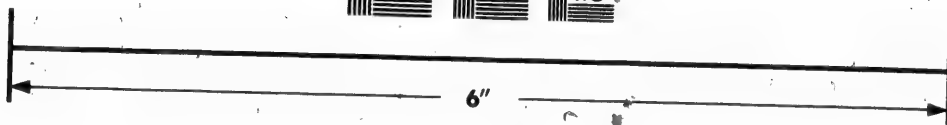
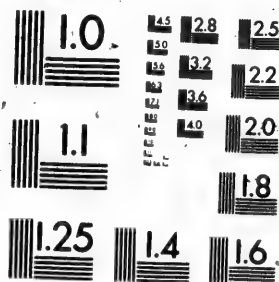


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



Photographic Sciences Corporation

**23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503**

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

mais toutes sont abandonnées depuis plusieurs années, parce que les filons sont complètement stériles. Je n'ai pu reconnaître la plus faible indication cuivreuse dans les nombreux affleurements que j'ai visités.

Les alternances de trapp, de grès et de conglomérat sont considérées comme peu métallifères : les filons renferment cependant du cuivre et de l'argent natifs dans les parties qui répondent au trapp ; ils sont stériles dans les grès et les conglomérats. Cette disposition remarquable a été bien reconnue sur les galeries d'écoulement des filons de Copperfalls (près de Eagle-Harbor), et c'est une preuve évidente de la grande influence exercée par la roche encaissante sur le mode de remplissage des filons.

L'argent natif se trouve presque toujours engagé dans le calcaire spathique, soit seul, soit mélangé avec du cuivre, et semble plus abondant près du conglomérat ; on ne doit encore rien affirmer au sujet de la position de l'argent, parce qu'on ne peut établir une règle générale d'après les résultats obtenus dans un petit nombre d'explorations.

Le cuivre natif présente la même disposition que dans les grandes zones de trapp, sur lesquelles je vais insister particulièrement.

Zone métallifère du nord.— On n'a fait dans cette partie que des travaux d'exploration, excepté dans la mine de Copperfalls, où l'exploitation est commencée sur une très-grande échelle.

Le cuivre se présente toujours à l'état natif, et l'argent n'a été constaté qu'en très-faible proportion et près du conglomérat : aux affleurements on distingue le cuivre en très-petits grains disséminés dans la gangue et principalement en dehors des veines de calcaire spathique ; les petites masses de cuivre, pesant seulement

quelques kilogrammes, se rencontrent dans les salbandes ou dans les zones de matière argileuse rouge. Le métal paraît plus abondant dans la profondeur, et les masses de cuivre deviennent plus puissantes ; au moins c'est ce qui a été observé dans les travaux de Copperfalls, et ce qu'on peut espérer par analogie pour plusieurs autres filons placés dans les mêmes circonstances géologiques.

Le cuivre ne paraît pas également réparti dans toute la largeur des filons, il est plus abondant dans les bancs de trapp amygdaloïde, et plus rare dans les roches dures et compactes.

Greenstone. — Les filons sont ou du moins passent pour très-pauvres en cuivre dans le greenstone, et la présence de l'argent n'a pas encore été signalée dans cette zone. Cette opinion est basée sur plusieurs tentatives infructueuses faites en différents points, notamment sur les filons qui se sont montrés riches en cuivre et même en argent au nord et au sud. Le cuivre ne se montre qu'en petits grains très-rares, ou en masses de très-faibles dimensions.

Zone métallifère du sud. — Cette zone s'étend au sud du greenstone jusqu'aux montagnes porphyriques ; mais les explorations n'ont été faites qu'au pied des escarpements du greenstone, ou à une très-faible distance vers le sud. On la considère maintenant comme la région métallifère par excellence, et on attache peu d'importance aux mines commencées vers le nord. Je ne considère pas cette opinion comme bien fondée, et je pense que dans la zone du nord plusieurs des filons explorés contiendront de grandes masses de cuivre : il suffit du reste de remarquer que la faveur dont jouit maintenant la bande de trapp située au sud du greenstone provient exclusivement de ce que la pre-

mière mine reconnue très-riche en cuivre, celle de Cliff-Mine, est placée au sud des escarpements de la roche cristalline.

Dans la zone du sud, le cuivre est toujours à l'état natif, en grains disséminés dans la gangue quartzreuse, ou en masses parfois considérables, occupant la totalité ou seulement une partie de l'épaisseur des filons; présentant parfois des géodes dans lesquelles les cristaux de cuivre sont associés à des cristaux de prehnite, d'analcime, de sulfate de baryte, etc. Les petites masses sont dans la matière argileuse rouge; les grandes sont souvent entourées de calcaire spathique; elles sont toujours plus nombreuses et plus fortes dans les parties des filons encaissées dans l'amygdaloïde, et cette roche est presque toujours pénétrée jusqu'à une certaine distance par les matières des filons. La forme et les dimensions des masses de cuivre sont extrêmement variables; la plus grande de toutes celles reconnues au lac Supérieur a été constatée en 1854 dans la mine de South-Cliff (sur le prolongement au sud d'un riche filon de la Cliff-Mine). Je l'ai vue en place dans la mine, dégagée sur plus de 30 mètres en hauteur, 8 à 12 mètres en direction; en plusieurs points son épaisseur dépassait 2 mètres.

Les grandes masses de cuivre contiennent des noyaux de toutes dimensions, de la gangue des filons, du calcaire spathique mélangé avec du quartz, du feldspath et des fragments de trapp non altéré. Ces noyaux, entourés par des masses aussi considérables de cuivre, et ne présentant aucun indice d'altération, sont une preuve que le métal n'a pas été fondu: je peux citer comme seconde preuve de la formation du cuivre par voie humide, la présence de l'argent natif, déposé ou mélangé avec ce métal, mais jamais combiné avec lui.

L'argent a été rencontré dans plusieurs mines, notamment dans celle de Cliff, toujours engagé dans la gangue de calcaire spathique, très-souvent mélangé avec le cuivre, mais on n'a pas encore pu reconnaître la règle de sa distribution, c'est-à-dire la nature des bancs de trapp, dans lesquels on le rencontre plus spécialement. Il semble résulter des travaux d'exploitation de Cliff-Mine, que ce métal est plus abondant à la surface que dans la profondeur.

Il ne faudrait pas supposer, d'après ce que j'ai dit sur les masses de cuivre, qu'elles sont également fréquentes dans tous les filons, ou qu'elles affectent dans tous la même disposition. On peut au contraire signaler les plus grandes différences; ainsi :

A Cliff et à South-Cliff, les masses sont abondantes et de très-grandes dimensions à une faible distance de la surface; elles se continuent dans la profondeur, en formant des colonnes inclinées irrégulièrement vers le nord, à peu près comme les bancs du trapp; la gangue du filon est imprégnée de cuivre et fournit du minerai de bocard assez riche;

A Northwestern, dans une situation analogue, le filon s'est montré peu productif jusqu'à la profondeur de plus de 60 mètres; l'exploitation a produit du minerai de bocard et des masses de cuivre peu importantes. A une profondeur plus grande, on a trouvé de très-belles masses de 10 à 40 tonnes, qui sont encore loin d'égaler celles de Cliff et de South-Cliff, mais assurent à l'exploitation un avenir prospère;

A Northwest, située à l'est de la précédente et dans la même position géologique, les travaux sont déjà très-développés en profondeur et en direction, et n'ont pas fourni assez de cuivre pour payer les frais: les masses de cuivre sont rares et de faibles dimensions, la

gangue, bonne à bocarder, est elle-même pauvre en cuivre;

A Eureka et dans bien d'autres mines, les travaux ont dû être abandonnés à la suite d'explorations infructueuses.

En comparant la nature et l'aspect des gangues de ces filons si diversement riches, on peut reconnaître quelques différences, mais elles ne sont pas assez tranchées pour qu'on puisse poser des règles générales.

De tous ces faits, il résulte que l'ingénieur ne peut donner un avis suffisamment motivé sur la valeur probable d'un filon, connu seulement par ses affleurements; dans un très-petit nombre de cas il lui est permis de prévoir que le filon sera pauvre; dans un cas seulement, celui où les masses de cuivre sont évidentes dès la surface, il lui est donné de prédire la richesse du filon. La valeur du gisement ne peut être reconnue, en général, que par des explorations sérieuses poussées à une grande profondeur, très-étendues en direction.

Au point de vue géologique, on serait tenté d'assigner une plus grande valeur aux filons voisins de Eagle-river, par la raison que de ce côté la direction des zones présente un coude assez prononcé, et que les cassures transversales sont plus nettes et plus fréquentes que partout ailleurs. Il faut cependant n'accepter cette indication qu'avec une grande réserve, car les exemples des mines Eureka, North-American, etc., explorées non loin de Cliff-Mine, prouvent que dans cette région des filons très-pauvres existent à côté des filons très-riches.

Dans les deux zones métallifères, on trouve assez fréquemment le cuivre en dehors des filons, dans le

trapp, mais ce fait ne peut être observé que dans les bancs tendres, et principalement dans l'amygdaloïde : le cuivre est accompagné de quartz, de calcaire et de chlorite, et ces matières proviennent évidemment de la pénétration de la roche poreuse à l'époque du remplissage des filons. J'indiquerai bientôt que dans la contrée d'Ontonagon, la pénétration a eu lieu dans des proportions infiniment plus grandes, par suite de la disposition spéciale des gisements, parallèles aux bandes du terrain.

Trapp porphyrique du sud. — La région du sud, des deux côtés des montagnes de trapp cristallin et porphyrique, est peu connue, et maintenant presque abandonnée à la suite des résultats peu favorables qu'ont donnés les explorations. Ses filons, très-irréguliers, ne contiennent que peu de cuivre natif, mais bien des minerais sulfurés, cuivre sulfuré noir, cuivre pyriteux, cuivre gris : ils renferment de l'argent natif en faible proportion.

Ces filons sont sur la direction de ceux connus vers le nord, ils ont bien la même allure, présentent les mêmes gangues ; on doit les considérer comme formés et remplis en même temps ; par conséquent, la différence qu'ils offrent pour l'état chimique du cuivre ne peut être expliquée que par l'influence de la roche encaissante au moment du remplissage.

Résumé. — Les filons transversaux sont extrêmement nombreux à la pointe de Keweenaw ; on doit les considérer comme des cassures traversant tous les terrains normalement à la direction des couches et des bancs, remplies postérieurement à une époque qu'il est impossible de préciser.

Les matières de remplissage sont arrivées en dissolution et non pas en fusion ; la nature de la roche en-

caissante a exercé une grande influence sur la distribution des gangues et des métaux, sur l'état chimique du cuivre. Dans le conglomérat, la gangue est principalement calcaire, les filons sont stériles ou contiennent des minerais oxydés du cuivre.

Dans le trapp compacte, grenu, amygdaloïde, la gangue est plus complexe, elle est formée de calcaire, de quartz, de feldspath, de chlorite, et des fragments et débris des roches encaissantes. Les filons contiennent de l'argent natif et du cuivre, toujours à l'état natif et parfaitement pur : ces deux métaux sont parfois mélangés et comme soudés l'un à l'autre, mais ne sont pas combinés. Le cuivre se présente disséminé en petits grains ou en masses irrégulières, dont les dimensions sont parfois colossales ; il est plus abondant dans l'amygdaloïde que dans le trapp compacte ; les parties des filons reconnues jusqu'ici les plus riches sont celles qui sont situées au nord du greenstone, mais rien ne prouve que dans la zone du nord on ne mettra à découvert des richesses aussi grandes par des travaux d'exploration convenablement développés.

Les filons placés dans la même position géologique, présentant à peu près les mêmes gangues, sont cependant très-différents les uns des autres pour la richesse en cuivre.

Dans le greenstone, les filons sont peu riches et leur gangue est plus spécialement quartzreuse ; ils renferment encore le cuivre à l'état natif.

Dans la région du sud, on retrouve à peu près les mêmes matières de remplissage, mais le cuivre n'est plus à l'état natif ; il entre dans les filons à l'état de minerais sulfurés.

Si on considère que les bancs de trapp agissent fortement sur l'aiguille aimantée, qu'ils sont plus ou

moins bons conducteurs de l'électricité, on est porté à voir la preuve d'une action électrique énergique dans l'influence évidente que les terrains ont exercée sur les matières minérales des filons.

L'hypothèse de dissolutions minérales remplissant les cassures préexistantes soumises à des courants électriques, traversant plus ou moins facilement les bancs de trapp, difficilement les couches de grès et de conglomérat, me paraît expliquer assez heureusement tous les faits observés. Ce n'est qu'une hypothèse, sans doute, mais elle présente un certain degré de probabilité, et se trouve confirmée par la ressemblance frappante du cuivre contenu dans les filons avec celui que nous obtenons dans nos laboratoires par les procédés galvanoplastiques.

Pour compléter ce qui est relatif aux gisements de la pointe de Keweenaw, il me reste à parler des couches imprégnées de cuivre, explorées ou simplement connues dans la zone métallifère du nord et à la limite du greenstone.

Couches
imprégnées
de cuivre.

Les travaux d'exploitation de la mine de Copperfalls ont traversé une bande amygdaloïde, située presque à égale distance du conglomérat et du greenstone, imprégnée de quartz, de calcaire, de chlorite et renfermant du cuivre natif. Le cuivre est en petits grains, en feuillets et même en masses pesant plusieurs kilogrammes. La roche est traversée par de nombreuses fissures à peine discernables, remplies des mêmes matières que les cavités, et qui expliquent comment la roche a pu être aussi complètement pénétrée.

Lors de ma visite, on n'avait encore exploré ce singulier gisement que dans les parties voisines des filons, et je ne peux affirmer que le cuivre existe dans toute la bande; ce sera un point très-intéressant à éclaircir pour

les compagnies possédant des concessions dans la zone correspondante.

Quant au remplissage des cavités de l'amygdaloïde, il est dû certainement au même phénomène qui a produit les filons.

J'ai dit précédemment que le greenstone est séparé des trapp du sud par un lit de conglomérat, épais seulement de 0^m,40 : au-dessous du conglomérat on peut voir une couche de 0^m,60 de puissance, composée d'une matière feldspathique, presque blanche à l'affleurement, et ressemblant à du kaolin. Elle présente, en plusieurs points, notamment auprès de la mine de cliff, des mouches de cuivre. Aucune exploration n'a été faite dans cette couche, parce que nulle part les affleurements n'ont présenté une apparence assez favorable : je dois donc me borner à signaler son existence, qui pourra servir plus tard de terme de comparaison entre les terrains de la pointe de Keweenaw et ceux de l'Ontonagon.

Gisements
de la contrée
d'Ontonagon.

Dans la contrée d'Ontonagon le trapp est éloigné de la côte de 16 à 22 kilomètres, et tout le pays est couvert d'alluvions, d'argiles et sables. Ces conditions rendent les transports extrêmement difficiles et onéreux, car ils doivent se faire par la rivière ou sur des routes en planches, dont l'établissement est fort cher. Cependant des travaux d'exploration ont été poussés avec une activité surprenante, et plusieurs mines sont en pleine exploration; une d'elles, celle de Minnesota, possède des veines d'une richesse considérable, en cuivre et en argent, et paye de gros dividendes à ses actionnaires.

Les résultats obtenus dans cette exploitation ont produit le même résultat que ceux de Cliff-mine à la pointe Keweenaw, c'est-à-dire que les explorations ont été faites

da
on
ne
lai

sp
est
ass
fèr

le t
ils
tan
diff
un
l'an
sag

J
dan
prés
rées
du m
n'a f
ont é
méd
châ
irrég
breu
tude
ment

J'i
des fi
Minne

dans tous les points analogues, dans ceux surtout où on pouvait espérer la continuation du gisement de Minnesota; le reste de la contrée a été relativement délaissé.

Il en est résulté qu'on connaît assez bien la bande spéciale de la zone de trapp, dans laquelle Minnesota est située, et qu'on ne possède que des indications assez vagues sur les autres parties du terrain métallifère.

Tous les gisements explorés jusqu'à présent sont dans le trapp, et sont parallèles, en direction, aux terrains; ils peuvent être considérés comme des filons présentant des veines intercalées entre des bancs de nature différente et d'autres veines coupant les bancs sous un angle très-aigu; fréquemment au contact des filons l'amygdaloïde est imprégnée des matières de remplissage et renferme du cuivre natif.

J'ai déjà signalé la disposition générale de la contrée dans la partie voisine de la rivière d'Ontonagon; elle présente trois séries irrégulières de montagnes, séparées par des vallées couvertes d'alluvions. Dans la chaîne du nord on a constaté l'existence du cuivre, mais on n'a fait que des explorations insignifiantes: les travaux ont été concentrés sur le versant méridional de la chaîne médiane et sur les chaînons détachés vers le nord de la chaîne du sud. L'alignement des chaînons est assez irrégulier, dérangé probablement par des failles nombreuses, et dans bien des points on est dans l'incertitude la plus complète sur la position réelle des gisements exploités.

J'indiquerai successivement les caractères principaux des filons dont la position est certaine dans la chaîne de Minnesota et dans la chaîne du Sud.

Chaine de Minnesota. — Les mines de Minnesota, Rockland, National, etc., etc..., ont des travaux plus ou moins développés sur le même filon, parallèle à la direction des bancs, affleurant sur le versant méridional de la chaîne médiane. Sa disposition et son caractère restent sensiblement constants sur une très-grande longueur.

En profondeur, on ne sait pas encore ce que devient le filon; près de la surface il se divise en plusieurs veines, dont deux seulement sont bien explorées.

L'une d'elles, la veine du sud, est entre le conglomérat et le trapp (Voyez Pl. VIII, fig. 4), et représente un véritable filon de contact; la seconde, nommée veine du nord, coupe les bancs de trapp sous un angle très-aigu, affleure sur les plateaux parallèlement à la formation, et paraît se réunir à la première à une centaine de mètres au-dessous de ses affleurements.

Entre ces deux veines principales on a reconnu plusieurs veinules qui passent de l'une à l'autre, mais ne semblent pas mériter d'être exploitées.

Dans l'état actuel des travaux, il est impossible de distinguer laquelle des deux veines est le filon principal; la question sera bientôt éclaircie, car l'exploitation de la veine du nord à Minnesota doit prochainement atteindre le conglomérat.

Veine du Nord.

La veine du nord est inclinée de 65° vers le N.-O.; son toit est peu net et n'est marqué que très-rarement par des sillandes, il en est de même du mur; mais de ce côté le défaut de netteté peut s'expliquer assez facilement par les nombreuses veines secondaires qui se détachent vers la veine du sud. Sa puissance est assez variable, de 0^m,15 dans les parties étranglées jusqu'à plus de 2 mètres dans les renflements.

Cette veine est remplie par du calcaire spathique,

du quartz, de la chlorite, de l'épidote verte, des fragments de trapp et une matière rouge de consistence argileuse, analogue à celle qui est si fréquente dans les filons de la pointe de Keweenaw. Elle renferme du cuivre natif en grains disséminés dans la gangue ou en masses de toutes dimensions, de formes très-irrégulières et généralement peu épaisses.

Le calcaire spathique se présente en veinules, ou en masses puissantes, ou bien même mélangé avec les autres matières minérales, principalement avec le quartz et l'épidote.

La matière argileuse rouge paraît provenir de la décomposition de fragments ou de zones de trapp, et se présente en feuillets, en veinules, en zones séparées des autres substances. On la trouve au toit ou au mur ou dans le milieu du filon.

Le quartz est souvent mélangé avec le calcaire et l'épidote, formant des zones distinctes, alternant avec de la chlorite, ou le ciment d'une brèche, dont les fragments angulaires proviennent de la roche encaissante.

L'épidote pure et cristalline se présente en veinules, mais plus ordinairement mélangée avec du quartz ou avec du calcaire; elle forme dans le filon des masses irrégulières, très-puissantes et continues, empâtant des fragments de trapp, parfois isolés, parfois assez rapprochés pour constituer une brèche.

La veine présente de nombreuses géodes, en partie remplies par de l'argile rougeâtre, et tapissées par des cristaux de quartz assez nets, et de dimensions quelquefois très-grandes.

Le cuivre est disséminé en grains dans les brèches quartzueuses, dans l'épidote quartzueuse et calcaire; il se montre en masses assez grandes dans le calcaire spathique; souvent même il remplit à lui seul toute la

veine, ou pénètre sous forme de veinules dans le toit et dans le mur.

Les surfaces du cuivre engagé dans la gangue sont très-inégales, et tellement pénétrées qu'il est extrêmement difficile de les nettoyer sous le marteau. Les masses de cuivre les plus ordinaires pèsent de une à deux tonnes; on en a cependant rencontré dont le poids dépassait cinquante, soixante et même cent tonnes. La masse principale de la mine de cuivre de Minnesota a déjà fourni plus de deux cents tonnes de cuivre, et son épaisseur maxima est de 1^m.60.

Dans plusieurs explorations peu profondes on a trouvé des masses importantes de cuivre oxydulé, et même de cuivre oxydé noir, de cuivre carbonaté et de cuivre silicaté. Ces oxydes proviennent de l'action des eaux atmosphériques sur le cuivre natif, qui existe encore au centre de toutes ces masses.

Le cuivre n'est pas également réparti dans toute l'étendue explorée de la veine; on a rencontré: tantôt le cuivre en grains disséminés dans la gangue, avec de petites masses; tantôt des masses de cuivre de grandes dimensions, abondantes déjà à une très-faible profondeur.

Il serait prématuré d'émettre maintenant un avis sur la distribution du cuivre; il faut attendre que les exploitations commencées aient pris un plus grand développement.

Veine du Sud.

La veine du sud a pour mur bien net le conglomérat, qui plonge vers le N.-O. sous un angle de 55°. Son toit est presque partout incertain, par suite des veinules nombreuses qui pénètrent dans le trapp, et dont plusieurs vont rejoindre les veines du nord. Le mur est marqué par des feuillets très-minces de matière argileuse rouge, ressemblant à du trapp chloritique broyé

et décomposé. En plusieurs points la veine est étranglée et le toit n'est séparé du conglomérat que par cette argile schisteuse. Dans les renflements, la veine est remplie par du calcaire spathique, d'un blanc laiteux, ou légèrement jaunâtre, mélangé avec un peu de quartz, de chlorite et d'épidote : mais la gangue dominante est toujours le calcaire.

La veine contient du cuivre et de l'argent natifs.

Le cuivre est très-rarement en filons disséminés dans le calcaire, il est presque toujours en masses irrégulières, pesant au plus huit à dix tonnes, toujours mélangées avec de l'argent natif. Les deux métaux sont adhérents, enchevêtrés l'un dans l'autre, mais ne sont jamais combinés : ils sont évidemment contemporains, et n'ont pas été produits par voie de fusion ; autrement on les trouverait combinés.

L'argent se présente assez fréquemment séparé du cuivre, engagé dans le calcaire spathique en masses pesant plusieurs kilogrammes, ramifiées à l'infini, de manière à reproduire après l'enlèvement du calcaire, l'apparence d'un polypier. Je dois signaler, avant d'aller plus loin, une analogie frappante entre les deux régions, d'ailleurs si différentes, de la pointe de Keweenaw et d'Ontonagon. Les filons contiennent les mêmes substances, disposées à peu près de la même manière ; l'argent se trouve toujours dans le calcaire spathique et près du conglomérat : le cuivre n'est jamais combiné à l'argent.

Dans les montagnes peu élevées qui forment les premiers contre-forts de la chaîne du sud, se trouvent des filons disposés comme les veines dont je viens de parler.

Leurs affleurements sont parallèles à la direction des bancs de trapp, et les filons les coupent dans la profondeur sous un angle assez aigu. Le trapp plonge de

Gisements
de la chaîne
du Sud.

55° vers le N.-O.; l'inclinaison des filons est de 65 à 70°. Ils se continuent, comme les premiers, sur une très-grande longueur, en conservant assez bien leurs caractères; mais en chaque point exploré ils sont moins nets, par suite de la nature amygdaloïde du trapp. Les matières de remplissage ont pénétré dans la roche poreuse, en sorte qu'on trouve en même temps les filons presque parallèles aux bancs de trapp, et le trapp imprégné des mêmes matières que les filons.

Ils contiennent du calcaire spathique, du quartz, de la chlorite, de l'épidote et des fragments de trapp avec du cuivre natif disséminé; mais les masses de cuivre sont rares et toujours de faibles dimensions (1).

Les exploitations produisent principalement de la roche à bocarder et sont loin de donner les brillants résultats de la mine du Minnesota.

La roche amygdaloïde présente les mêmes matières, soit en noyaux dans les cavités et dans les fissures, soit en masses ou en veines irrégulières, et ne peut produire aussi que de la roche à bocarder.

La disposition générale que je viens d'indiquer n'a été bien reconnue que dans la partie de la contrée voisine de la rivière d'Ontonagon; les gisements s'étendent bien loin vers l'ouest et vers le nord-est, mais il n'est plus facile de distinguer ceux qui appartiennent à la chaîne méridionale de ceux qui peuvent être dans la même position que Minnesota.

Résumé

Dans toute la contrée, la direction des filons est parallèle à celle du trapp, les filons ont des veines intercalées entre les bancs de nature différente, et d'autres veines qui les coupent sous un angle assez faible. Dans

(1) L'argent natif n'a pas encore été signalé dans les gisements du Sud.

tous les points où les veines ont rencontré l'amygdaloïde, la matière des filons a pénétré dans la roche et le cuivre est très-disséminé. Le cuivre se présente en masses considérables dans les filons bien caractérisés, et l'argent natif ne s'est montré que dans les veines de contact auprès du conglomérat.

Les matières et le mode de remplissage sont les mêmes que dans les filons de la pointe de Keweenaw; la différence qu'offrent les deux districts résulte du mode de fractures des terrains, longitudinales à Ontonagon, transversales à la Pointe.

Les travaux d'exploration n'ont pas eu beaucoup d'activité dans la région du lac Portage, et n'occupaient pas plus de 400 ouvriers en 1854. Cette partie du terrain métallifère est par conséquent peu connue, et la disposition des gisements n'a été déterminée qu'aux affleurements.

Région
du Portage.

Le cuivre natif, accompagné de calcaire spathique, de quartz, de chlorite, d'épidote et de laumonite, se présente en filons peu puissants et peu continus, intercalés entre des bancs de trapp poreux ou amygdaloïde. Ces roches sont imprégnées des mêmes matières et contiennent du cuivre en grains et en très-petites masses, quelquefois même de l'argent natif. On peut les suivre pendant plusieurs kilomètres, tandis que les filons eux-mêmes ne se prolongent pas au delà d'une centaine de mètres.

Ces gisements sont analogues à ceux de la contrée d'Ontonagon; dans les deux régions on trouve des filons parallèles aux terrains, et des bancs de trapp poreux imprégnés au contact. Dans l'Ontonagon, les filons sont parfaitement caractérisés et bien continus; les bancs d'amygdaloïde ne sont imprégnés que dans les parties voisines des filons. Au Portage, les veines

sont peu continues et prennent la disposition de fissures orientées, pareilles à celles qui renferment les minerais de zinc et de plomb dans la grauwacke des bords du Rhin : les zones de trapp contenant le cuivre et les autres minéraux des filons, sont très-développées et deviennent les gisements principaux.

Ces différences s'expliquent aisément par les considérations que j'ai présentées au commencement du chapitre sur les fractures que le soulèvement a dû produire dans les terrains.

Ile Royale.

L'Ile-Royale a été explorée par un certain nombre de compagnies, mais les résultats obtenus n'ont pas été très-favorables ; deux mines sont seules maintenant en exploitation, à Rock et Todd's harbor, et produisent une quarantaine de tonnes de cuivre.

Les filons se rapportent à deux systèmes : l'un normal aux couches du terrain, l'autre parallèle en direction, mais plongeant vers le nord, tandis que l'inclinaison du trapp est au sud.

Les filons transversaux présentent la plus grande analogie avec ceux de la pointe de Keweenaw ; ils sont peu puissants et remplis par du calcaire spathique, du quartz de la chlorite, des fragments de trapp. Ils contiennent le cuivre à l'état natif, en grains disséminés dans la gangue ou en petites masses irrégulières, et paraissent plus riches dans l'amygdaloïde que dans le trapp compacte. Les géodes ont présenté quelques-uns de ces beaux cristaux de zéolithes qui sont fréquents dans les filons de la Pointe, et qui manquent presque complètement dans les gisements de l'Ontonagon.

Canada.

Plusieurs recherches ont été faites au nord et à l'est sur les côtes du Canada, mais jusqu'à présent on n'a découvert aucun filon dont la richesse puisse être com-

parée à celle des gisements de la partie américaine du lac.

Les filons sont très-irréguliers, presque normaux aux bancs de trapp, et remplis par du calcaire et par du quartz; ils contiennent un peu d'argent natif et des minerais de cuivre, principalement le cuivre pyriteux et le cuivre gris. Quand ils auront été mieux étudiés, il sera peut-être possible d'établir une relation avec ceux explorés au sud des Bohemian-Mountains, du côté du Lac-la-Belle et du lac Gratiot.

Le plus important des filons reconnus au nord est celui de l'île nommée Spar-Island; son affleurement, puissant de 3 à 4 mètres, peut se distinguer à une grande distance, grâce au contraste de la couleur blanche du calcaire et du quartz avec la teinte foncée de la roche encaissante. Il a produit des minerais de cuivre et un peu d'argent; vers le nord, on l'a trouvé renfermant beaucoup de blende.

La formation trappéenne s'étend bien au delà des limites du lac Supérieur, et renferme également des filons plus ou moins riches en minerais de cuivre. Ainsi, on exploite à l'île Saint-Joseph, à 80 kilomètres au sud du Saut-Sainte-Marie, un filon de quartz contenant du cuivre pyriteux très-abondant, et traversant un terrain de trapp, de jaspe et de quartzite. La mine Bruce est maintenant dans une bonne position; elle expédie près de 200 tonnes de minerai par mois à l'usine de Boston, et donnera des dividendes à ses actionnaires, après avoir commencé par faire d'énormes dépenses presque sans résultat utile.

Mine Bruce.

Les districts produisant le cuivre au lac Supérieur sont, d'après ce qui précède, la Pointe de Keweenaw, l'Ontonagon, le Portage et l'île-Royale. Dans cette partie de la contrée, les gisements sont postérieurs à la

formation des terrains ; on peut réunir à ce sujet deux genres de preuves : le premier résultant de la composition des grès et des conglomérats, le second dérivant de la disposition des gîtes.

J'ai déjà fait connaître, au commencement et vers le milieu de ce chapitre, les conclusions que l'on peut tirer de la composition des terrains et de la disposition des filons de la Pointe de Keweenaw. Il me paraît utile d'insister encore un peu sur ce sujet, afin de mettre mieux en évidence que, dans toute la partie bien explorée du lac Supérieur, le cuivre et l'argent sont arrivés après la formation des terrains.

A la pointe de Keweenaw, les deux métaux sont dans des filons presque partout nettement encaissés, traversant les bancs de trapp, de conglomérat et de grès. Les minéraux des filons ne se trouvent dans la roche encaissante qu'au contact même et à une faible distance des veines, et seulement dans le cas où cette roche est très-poreuse. La pénétration des matières qui ont rempli les filons dans le trapp préexistant est alors bien évidente.

Il est donc bien certain que le remplissage des filons est postérieur à la formation des trapps, des conglomérats et des grès : on est porté à conclure que les filons de la Pointe de Keweenaw sont les fentes produites par le soulèvement, remplies à une époque qu'il est bien difficile de préciser dans l'état actuel des explorations.

Si maintenant on considère la disposition des minéraux et des métaux contenus dans les filons ; la présence, dans les énormes masses de cuivre, de noyaux présentant un mélange de calcaire, de quartz, de chlorite, de fragments de trapp ; le contact et l'adhérence du cuivre et de l'argent, qui ont tant d'affinité l'un

pour l'autre à une température élevée, et qui cependant ne sont pas combinés; on doit être convaincu que le remplissage des filons n'a pu se faire que par voie humide.

L'influence évidente que les roches ont exercée sur la distribution des minéraux, sur l'abondance et sur l'état chimique du cuivre, conduit à penser que l'électricité a dû jouer un très grand rôle dans ce phénomène.

En restant en dehors de toute hypothèse, on peut conclure avec certitude, pour la pointe de Keweenaw, que les filons sont postérieurs aux terrains, qu'ils ont été remplis par voie humide.

Les gisements de la contrée d'Ontonagon et de la région du lac Portage, présentent avec les filons de la Pointe des analogies et des différences.

La nature et la disposition des matières minérales dans les veines bien définies, leur dissémination dans le trapp amygdaloïde, et par conséquent poreux et d'une pénétration facile; l'absence complète de ces matières dans tous les bancs compacts, offrent des analogies tellement évidentes avec les faits observés à la Pointe, qu'on est forcé d'admettre que tous les gisements ont été produits en même temps et par le même phénomène.

D'un autre côté, les différences principales entre les trois districts peuvent être facilement expliquées si on admet l'hypothèse extrêmement probable que tous les gîtes ont été formés dans les fentes préexistantes. J'ai déjà indiqué les directions des fractures dues au soulèvement que révèle l'étude des terrains: elles sont normales à la pointe de Keweenaw, et parallèles aux formations dans l'Ontonagon et le Portage: on comprend alors très-aisément comment, à la Pointe, on rencontre presque exclusivement les filons transver-

saux, tandis que dans les deux autres régions on ne connaît que des filons de contact, des veines plus ou moins continues, souvent en connexion avec des bandes d'amygdaloïde imprégnées des mêmes matières minérales.

Par ces considérations, on arrive à la conclusion suivante : dans toute la partie explorée du lac Supérieur, les gisements de cuivre, contenant fréquemment de l'argent natif, sont postérieurs à la formation de trapp, de conglomérats et de grès ; ils ont été formés par voie humide dans les fentes produites par le soulèvement.

Il me paraît assez probable que les filons de l'Île-Royale, ceux du Canada, à l'est et au nord, celui de la Bruce-Mine, près du lac Huron, ont été formés en même temps que ceux considérés précédemment. Cependant, je n'avancerai rien à leur égard avant de les avoir visités.

CHAPITRE IV.

DES MINES AU LAC SUPÉRIEUR.

Les exploitations de cuivre natif au lac Supérieur ont pris en peu de temps une importance, que bien peu de personnes en Europe sont en position d'apprécier. Je vais essayer de faire connaître la situation des mines dans les deux principaux districts de la pointe de Keweenaw et de l'Ontonagon, en évitant d'entrer dans trop de détail au sujet des travaux récemment commencés. On comprendra facilement que la plus grande réserve m'est imposée, en présence de la spéculation dont les mines de ce pays seront longtemps encore le point de mire. Je dois me borner à l'exposé de la situation générale, et à la description d'un petit nombre de mines, choisies comme exemples des résultats obtenus.

Je dirai d'abord quelques mots des anciens travaux, qui existent dans toutes les parties explorées; j'exposerai brièvement le mode d'exploitation adopté maintenant, la préparation mécanique et la fonte en lingots; je décrirai plusieurs des mines de la pointe de Keweenaw et de l'Ontonagon; je terminerai par quelques considérations sur la production de la contrée.

Je n'aurai pas à m'occuper de l'argent, qui est encore un produit accidentel pour la plupart des exploitations. Une grande partie de ce métal, que plusieurs filons contiennent en forte proportion, est perdue

par suite de son mélange intime avec le cuivre; une autre partie disparaît malgré la surveillance très-sévère exercée par les directeurs.

§ I. — *Des anciens travaux.*

Dans toute la contrée dans laquelle les explorations récentes ont signalé le cuivre natif, on a constaté l'existence d'anciens travaux d'exploitation : plusieurs d'entre eux doivent avoir été faits à une époque très-reculée, car les déblais, formant des monticules assez étendus, sont recouverts d'une épaisseur très-grande de terre végétale, et supportent des arbres séculaires, pareils à ceux des autres parties des forêts.

En d'autres points les excavations paraissent bien plus modernes, et abandonnées tout récemment.

Dans un grand nombre on a trouvé des anciens marteaux, du charbon de bois, des leviers, qui permettent de conjecturer de quelle manière les anciens ont travaillé. Les marteaux sont des pierres dures, arrondies, autour desquelles on a creusé une ceinture pour fixer le manche en bois; ils ressemblent beaucoup à ceux qui ont été découverts dans plusieurs localités d'Europe, notamment en Espagne, dans des excavations évidemment très-anciennes.

Le charbon de bois et les leviers ont été trouvés auprès des grandes masses de cuivre, dégagées sur toutes leurs faces, arrondies sur tous les angles. Il est facile de comprendre que les anciens ouvriers, dépourvus des moyens énergiques que nous possédons maintenant, ont abattu avec leurs marteaux de pierre toutes les parties saillantes, et qu'ils ont cherché ensuite à diviser les masses de cuivre en les soumettant à un feu violent. Les leviers qui portent souvent les

marques d'un long service, leur ont servi probablement à transporter des petites masses ou à chercher à détacher les masses plus considérables qu'il ont, en fin de compte, laissées en place.

Nulle part on n'a trouvé de scories, ni de trace d'une préparation mécanique : les vieux mineurs n'ont donc cherché que les petites masses de cuivre, celles qu'ils pouvaient utiliser aisément.

Les vieux travaux sont nombreux au nord et au sud du greenstone, dans le district de la pointe de Keweenaw ; ils sont plus nombreux et plus importants dans la contrée d'Ontonagon, à l'est et à l'ouest de la rivière. Tous sont arrêtés à une faible profondeur, de 3 à 12 mètres, suivant la configuration des terrains, et n'ont pas été poussés plus bas à cause des eaux.

Ils présentent partout la même disposition ; ils ont évidemment été faits à des époques différentes, avec des moyens d'action constants, les marteaux de pierre et le feu.

En rapprochant ces faits des renseignements rapportés par les missionnaires jésuites et les plus anciens voyageurs, on peut conclure que les mines de cuivre natif ont été de tout temps exploitées par les Indiens peaux rouges, résidant, ou faisant seulement des excursions dans la contrée.

Cette conclusion est intéressante au point de vue historique, parce qu'elle exclut l'hypothèse d'une race différente des Indiens actuels, qui aurait occupé le pays à une époque inconnue, et fait des exploitations suivies dont la race rouge n'aurait pas été capable.

Elle est plus importante encore pour les compagnies qui entreprennent des explorations, parce que l'étude

des anciens travaux permet de reconnaître l'importance probable des gîtes que les Indiens ont exploités.

Il est évident que les travaux anciens très-développés, et par suite continués pendant de longues années, n'ont été faits par les Indiens que sur des affleurements très-riches en petites masses de cuivre, tandis que des excavations peu profondes, autour desquelles on ne remarque que des déblais insignifiants, correspondent à des filons pauvres à la surface.

On ne connaît pas encore d'une manière bien certaine la relation qui existe entre la richesse en cuivre, à la surface et l'abondance des grandes masses dans la profondeur, mais il est permis d'admettre que les filons riches à la surface seront probablement d'une exploitation plus avantageuse que ceux dont les affleurements ont été pauvres.

A ce point de vue l'étude des anciens travaux donne à peu de frais des indications extrêmement utiles; elles perdraient beaucoup de leur netteté, si par des explorations plus étendues on venait à découvrir qu'une race plus civilisée que les Indiens les a précédés dans l'exploitation des mines. Les tas immenses de déblais, les excavations développées pourraient alors s'appliquer à des gisements moins riches.

§ II. — *Exploitations actuelles.*

Les premières explorations ont commencé vers l'année 1842, presque au hasard, sur les indications contenues dans les relations des missionnaires, et sur les données incertaines, fournies par les deux missions du sud-ouest et par les voyages de M. Douglas Houghton. Des sommes énormes ont été dépensées sans résultat utile, en recherches faites dans les terrains non métal-

liferés; les efforts persévérants du docteur Jackson, de plusieurs directeurs de mines et des géologues auxquels on doit l'achèvement de la carte géologique, ont enfin donné aux travaux une direction convenable.

Les développements dans lesquels je suis entré, sur la constitution géologique et sur la disposition des gisements, montrent quel pas immense a été fait dans un intervalle de temps aussi court. Il reste encore beaucoup à faire pour compléter l'étude des filons, pour arriver à connaître, d'après les affleurements et la position géologique, les résultats que peut donner la mise en exploitation.

Il faut encore, au moment actuel, des travaux considérables en profondeur et en direction, pour fixer la valeur d'un gisement; on peut citer plusieurs exemples de filons, pauvres à la surface, trouvés très-riches dans la profondeur, et des exemples aussi nombreux de filons ou de gisements placés à peu près dans les mêmes conditions, dans lesquels l'enrichissement en profondeur ne s'est pas présenté.

Ces différences sont peut être plus sensibles à la pointe de Keweenaw que dans la contrée d'Ontonagon, car il semble que dans ce dernier district les résultats obtenus en profondeur correspondent mieux aux indications des affleurements.

On a commencé des recherches dans beaucoup de filons, sans avoir des moyens suffisants pour continuer les travaux; on n'a obtenu aucun résultat, je puis ajouter qu'on ne devait pas espérer d'en obtenir, car il faudra toujours des capitaux assez forts pour mettre en exploitation un filon, même très-riche à la surface, au lac Supérieur, plus encore que dans un autre pays.

A la pointe de Keweenaw le nombre des recherches

commencées puis abandonnées pour ce motif est assez grand, et pour la plupart l'abandon des travaux n'implique pas la pauvreté des filons.

Plusieurs compagnies puissantes ont entrepris des explorations et les ont poussées avec persévérance. Les unes, et c'est le plus petit nombre, ont fait de grands bénéfices; les autres poursuivent en profondeur des gisements trop riches pour être abandonnés, trop pauvres jusqu'à présent pour couvrir toutes les dépenses.

La contrée du lac Supérieur présente donc les phases ordinaires de tous les districts miniers : des anciens travaux ; des explorations stériles ; des recherches abandonnées peut-être à tort et par manque de capitaux ; des exploitations soutenues par l'espérance d'un avenir plus favorable ; des mines excellentes, mais en petit nombre, dont les heureux résultats attirent vers les entreprises de mines les capitaux et la spéculation.

L'ouverture du canal du Saut Sainte-Marie développera beaucoup les communications du lac Supérieur avec le monde civilisé, et donnera probablement une impulsion nouvelle à tous ces travaux ; elle abaissera les frais de transport de toutes les matières nécessaires aux exploitations et aux habitants ; et surtout elle rendra les expéditions plus certaines, en permettant aux grands navires du lac Huron et du lac Érié de pénétrer jusqu'aux ports du lac Supérieur.

Mode
d'exploitation.

Le mode d'exploitation des filons diffère en certains points de la méthode suivie en Angleterre. On reconnaît le filon par des puits inclinés, sur lesquels on installe successivement, à mesure que les travaux sont plus développés, des treuils, des manèges à chevaux, des machines à vapeur, soit pour l'extraction, soit pour l'épuisement.

On pousse en direction des galeries espacées d'environ 20 mètres, communiquant par des cheminées. Un de ces niveaux débouchant au jour sert de galerie d'écoulement, et facilite les travaux jusqu'à l'installation des machines.

Les massifs, découpés par les galeries et les cheminées, sont exploités par gradins renversés, et les vides sont remblayés assez incomplètement avec les matières stériles. Le terrain est très-solide et, par suite, l'imperfection des remblais ne présente d'autre inconvénient que celui d'exiger beaucoup de bois pour les soutenir.

Dans les parties contenant de grandes masses de cuivre, les travaux sont nécessairement irréguliers; les galeries sont faites dans le mur, en suivant les masses et pratiquant dans les intervalles des traverses pour reconnaître le filon.

L'abatage des grandes masses est assez complexe : on commence par le dégager au toit et au mur, en ne laissant de ce côté qu'un vide peu large du côté du mur. Si les dimensions en hauteur ne sont pas trop grandes, on fait tomber la masse d'un seul morceau sur le niveau inférieur au moyen de barils de poudre placés derrière.

Si au contraire la masse de cuivre s'étend d'un niveau à l'autre, on la divise au ciseau en grands morceaux qu'on puisse détacher d'une pièce, et en choisissant pour les lignes de division les points les moins épais. On fait ensuite tomber à la poudre les morceaux coupés successivement, en commençant par la partie supérieure.

Une fois la masse ou ses grands morceaux abattus sur le sol d'un niveau, on les coupe en fragments dont le poids varie de 1 à 2 tonnes : la section est faite au

ciseau, en pratiquant des rainures (1) par l'enlèvement de copeaux. On place les fragments sur des chariots, et on roule sur chemins de fer jusqu'au puits spécial destiné à l'enlèvement des masses, et muni d'un cabestan à deux ou quatre chevaux.

Dans les mines les plus riches, on remplace maintenant les puits inclinés par des puits verticaux, placés en dehors des filons. La dépense est considérable en raison de la dureté de la roche et du haut prix de la main-d'œuvre.

A la mine de Copperfalls, les galeries d'écoulement sont commencées à différents niveaux en même temps, et les travaux préparatoires sont très-développés; dans toutes les autres on abat les masses de cuivre et les parties des filons imprégnées de cuivre, en même temps qu'on pousse les travaux en profondeur et en direction: la production ne peut être régulière; elle suit à très-court intervalle la richesse reconnue à l'avancement.

On néglige fréquemment l'exploration des veines latérales, même quand on les constate en suivant le filon principal, à moins qu'elles ne présentent, au point de réunion, du cuivre natif en abondance. Je n'ai vu dans aucune exploitation des traverses un peu longues dirigées en recherche des veines, dont la présence est rendue probable par la configuration du terrain. J'ai déjà dit précédemment que l'absence de travaux dans les veines latérales est expliquée, sinon commandée, par

(1) Les rainures ont 2 centimètres de large; le travail est très-long et coûte fort cher, de 45 à 75 fr. par pied carré de surface coupée; la présence de noyaux de roche dans le cuivre empêche l'emploi d'autres instruments que le ciseau et le marteau.

le haut prix de la main-d'œuvre et par les circonstances difficiles dans lesquelles les mines sont placées. On ne doit pas s'attendre à trouver dans un pays à peine habité, après quelques années d'activité, le développement régulier des recherches, des travaux d'avenir et d'exploitation qui sont le résultat d'une longue tradition, et que plusieurs districts d'Europe ne présentent pas encore.

Les produits amenés au jour sont :

Produits
des mines.

1° Les masses de cuivre plus ou moins engagées dans la gangue et les morceaux déjà coupés ;

2° Les roches imprégnées de cuivre et les parties stériles, qu'un triage rapide, fait dans la mine, ne permet pas de séparer complètement.

Les petites masses de cuivre sont débarrassées à coups de marteau de la gangue engagée dans les aspérités de la surface ; les fragments déjà coupés sont divisés en blocs plus faciles à transporter ; ces produits sont envoyés au port pour être embarqués et portés aux fonderies pendant les mois de navigation. Ils contiennent ordinairement de 75 à 85 pour 100 de cuivre pur.

La gangue et les roches imprégnées de cuivre passent au triage ; on sépare les parties stériles, tout le reste est envoyé à la préparation mécanique, établie à peu de distance des puits d'extraction. La teneur en cuivre de ces matières est très-variable, on en retire ordinairement de 1 1/4 jusqu'à 5 1/2 pour 100 de métal bon à fondre.

J'indiquerai très-brièvement les opérations successives de la préparation mécanique, sans discuter les détails et sans indiquer les modifications qui sans au-

cun doute seront apportées dans un avenir assez rapproché.

Préparation
mécanique.

PREMIÈRE OPÉRATION. *Calcination en plein air et en grands tas.* — Elle a pour but de rendre plus friables les roches et les gangues imprégnées de cuivre, et de faciliter le cassage au marteau, qui doit précéder le bocardage. On peut la considérer principalement comme un moyen d'économiser la main-d'œuvre.

Les tas ont la forme d'un tronc de pyramide à base carrée; les dimensions sont nécessairement très-variables, on peut admettre en moyenne 6 à 8 mètres pour le côté de la base, et 5 à 6 mètres pour la hauteur.

Sur le sol, on dispose un lit de bois de trois à quatre rangées de bûches, en ménageant des canaux pour la mise en feu; par dessus, on élève le tas, en ayant soin de placer à la partie inférieure les plus gros morceaux de roche; les menus sont jetés au-dessus, dans le but de concentrer davantage la chaleur plutôt que pour leur faire subir une calcination inutile.

Quand le tas est construit, on allume le bois et on le laisse brûler lentement; quand tout est froid, on enlève progressivement les matières pour les porter au bocard. On trouve encore bien des gros morceaux au centre desquels la chaleur n'a pas pénétré, et qu'il faut casser au marteau, mais leur nombre est moindre et le travail plus facile qu'avant la calcination.

Dans plusieurs ateliers, j'ai vu faire un triage et une nouvelle séparation des morceaux stériles après le cassage au marteau qui suit la calcination. Pour d'autres mines, le triage n'est pas aussi nécessaire, parce que toute la roche amenée au jour est plus ou moins imprégnée de cuivre.

DEUXIÈME OPÉRATION. *Bocardage des minerais calcinés et cassés au marteau* (1). — Les bocards sont disposés par batteries de quatre pilons, et mis en mouvement par des machines à vapeur de la force de 15, 20 et même 40 chevaux. Les sabots sont en fonte et les flèches en sapin, et chaque pilon ne pèse pas moins de 350 kilogrammes. La levée, produite par des comes, varie de 0^m,15 à 0^m,20. On admet qu'un pilon peut bocarder près d'une tonne de minerai par vingt-quatre heures; mais le poids bocardé dépend nécessairement de la dureté de la roche, de la grosseur des morceaux et du degré de finesse qu'on cherche à obtenir, en élevant plus ou moins au-dessus de la sole l'orifice de sortie de l'eau et des matières pulvérisées.

En avant des batteries sont disposés des plans inclinés triangulaires, sur lesquels la lavée doit couler rapidement, en laissant déposer seulement les grenailles de cuivre; les sables et les matières fines sont entraînées plus loin sur des caissons allemands et sur des tables dormantes.

Le bocardage donne par suite trois produits différents :

a. De petites masses de cuivre qui sont trop lourdes pour être entraînées par l'eau et restent sous les pilons; on les enlève à des intervalles inégaux quand on voit, à la marche des pilons, que leur épaisseur est devenue notable;

b. Des petites grenailles de cuivre, mélangées avec

(1) Je donnerai le nom de *minerai* aux roches imprégnées de cuivre natif; ce nom est commode pour l'exposé des opérations; mais il ne faut pas oublier qu'il ne s'agit pas ici de véritables minerais de cuivre.

du gros sable, arrêtées sur les plans inclinés devant les batteries ;

c. Des sables et des grenailles fines, entraînés par l'eau sur les caissons.

Le premier produit *a* est souvent très-riche et renferme de 75 à 90 pour 100 de cuivre pur ; il est envoyé directement à la fonte. Le second produit *b* n'est presque jamais assez riche en cuivre pour être fondu ; il est enrichi sur des cribles à bras, qui produisent du stérile et des grenailles bonnes à fondre ; on les désigne sous le nom de stamp n° 1 ; elles contiennent ordinairement de 75 à 80 pour 100 de cuivre, et souvent un peu d'argent natif.

Le troisième produit *c* est enrichi successivement sur des caissons et sur des tables dormantes.

TROISIÈME OPÉRATION. *Enrichissement des matières fines.* — Les caissons sont larges de 0^m,40, longs d'environ 2 mètres, inclinés de 6 à 7 degrés. Les tables dormantes sont disposées comme celles de Schemnitz, en Hongrie, mais leurs dimensions sont bien plus petites : leur longueur ne dépasse pas 2 mètres.

La lavée est conduite des plans inclinés sur les caissons, et laisse déposer près de la tête les gros sables et les grenailles de cuivre et argent. Les sables plus fins et les fines parcelles de cuivre sont entraînés sur les tables dormantes.

Tout ce qui n'est pas arrêté sur les deux séries de caissons et de tables est considéré comme trop pauvre pour qu'on puisse en tirer parti, et perdu.

Sur les caissons et sur les tables on enrichit successivement, par des opérations séparées, les sables gros et fins restés en tête ; on obtient deux produits, stamp

n° 2 et n° 3, dont la teneur en cuivre pur varie :

De 40 à 52 p. 100 pour le stamp n° 2,

De 25 à 30 p. 100 pour le stamp n° 3.

Dans une exploitation de la contrée d'Ontonagon, celle de Ridge-Mine, j'ai vu un appareil analogue aux round-buddle, remplaçant avantageusement les caissons et les tables dormantes; bientôt cet appareil sera employé dans un plus grand nombre d'ateliers de préparation mécanique.

Je n'ai pas besoin d'entrer dans plus de détails pour faire comprendre le mode de préparation adopté au lac Supérieur; les ingénieurs saisiront facilement dans quel sens il faudrait le modifier pour perdre moins de cuivre sans augmenter la dépense en main-d'œuvre.

La teneur moyenne en cuivre des produits d'une mine, préparés pour la fusion, est assez variable; elle dépend principalement de la proportion des grandes masses de cuivre que renferme le filon, et des soins apportés à l'exploitation. Elle varie de 70 à 75 p. 100 pour les mines les plus riches, et de 55 à 58 p. 100 pour les filons qui contiennent peu de grandes masses et livrent surtout des roches à bocarder.

Avant de parler du traitement métallurgique des produits des mines, il me paraît utile de donner quelques renseignements sur les prix de la main-d'œuvre, pour les ouvriers spéciaux et pour les manœuvres.

Main-d'œuvre.

Les ouvriers sont assez rares, principalement ceux qui sont habiles dans une spécialité; et toute entreprise nouvelle doit amener les ingénieurs, les contre-maîtres et même un petit nombre d'ouvriers spéciaux. Ainsi, les principaux mineurs, ceux qu'on pourrait nommer les sous-officiers des mines, les ingénieurs, viennent presque tous de l'Angleterre. Les mineurs et les ma-

nœuvres sont des Américains, des Français et des Canadiens.

Presque tous les travaux sont donnés à l'entreprise, et les prix sont assez élevés pour que les manœuvres les moins habiles puissent gagner 5 francs par jour ; les bons mineurs reçoivent ordinairement de 240 à 250 francs par mois ; ils doivent payer toutes leurs dépenses, telles que l'éclairage, la poudre, les réparations d'outils, etc. On estime que toutes ces dépenses et leur nourriture ne leur coûtent pas plus de 100 fr., et qu'ils peuvent mettre de côté, comme bénéfice net, de 125 à 150 francs.

Les compagnies doivent se charger de tous les approvisionnements, et la charge est d'autant plus lourde que les communications avec les villes du sud sont interrompues pendant une grande partie de l'année : il faut que chaque entreprise tienne un magasin bien assorti de tout ce qui est nécessaire à la vie ; presque toutes ont commencé des défrichements et cultivent les pommes de terre, les betteraves, le seigle et quelques légumes, qui sont d'un grand secours pour leurs ouvriers et leurs employés.

Les compagnies font construire des maisons en bois pour loger leurs ouvriers ; le plus souvent elles sont très-petites et coûtent seulement un millier de francs ; elles sont louées à des entrepreneurs au prix de 60 fr. par an. Ceux-ci se chargent de loger et nourrir dix ouvriers par maison, moyennant 50 francs par mois. La nourriture se compose de pommes de terre, de lard salé, de pain et de thé. Les lits sont fournis par la compagnie et loués 30 francs par an aux entrepreneurs, qui doivent les entretenir en bon état. Chaque lit comprend un matelas, un traversin et deux couvertures ; les draps sont inconnus.

Ces détails prouvent que les ouvriers s'astreignent volontairement à une très-rude existence, dans le but de réaliser de gros bénéfices.

Dans ces conditions, les galeries reviennent de 45 à 120 francs par mètre d'avancement, suivant les difficultés du terrain et la dureté des roches; le prix de 45 francs par mètre se rapporte à des galeries poussées dans les filons et dans les circonstances les plus favorables d'une veine tendre jusqu'au milieu; on n'a payé 120 francs que pour des galeries percées dans la roche très-compacte et non fissurée.

Les puits (2^m,50 sur 1^m,60) foncés dans les filons coûtent de 150 à 250 francs par mètre; dans les roches dures, leur prix s'élève jusqu'à 400 francs. Les cheminées sont payées de 110 à 215 francs, et l'abatage en gradins de 30 à 60 francs par mètre d'avancement, sur 2 mètres en hauteur et sur une largeur de 1^m,50 à 2 mètres.

On n'a pas encore songé à construire, au lac Supérieure, une usine pour la fusion du cuivre en lingots, et tous les produits des mines et des ateliers de préparation mécanique sont envoyés à Détroit et même à Pittsburg. L'ouverture du canal Sainte-Marie permettra d'amener au lac Supérieur la houille de Pensylvanie au prix de 45 à 55 francs par tonne, et peut-être trouverait-on avantage, au point de vue commercial, à fondre le cuivre sur le lieu même de production. Cette question est du reste trop complexe pour que je m'arrête à sa discussion.

Usine à cuivre.

La fonderie de Détroit (et je pense aussi celle de Pittsburg) fond à façon, c'est-à-dire reçoit les masses de cuivre et les produits préparés, et rend en lingots le cuivre contenu, en prélevant une somme assez élevée pour son travail. Elle est établie à une petite distance

de la ville de Détroit, sur le bord de la rivière qui réunit les deux lacs Huron et Érié : sa position est très-favorable pour recevoir le charbon et les cuivres envoyés du lac Supérieur.

L'usine comprend :

Deux réverbères pour la première fusion de cuivre ;
Deux cubilots pour la fonte des crasses et des scories, avec une soufflerie, mue par une petite machine à vapeur ;

Des magasins, bureaux, un petit laboratoire, etc.

Un beau quai construit sur pilotis, auquel de grands navires peuvent aborder et faire leurs chargements et déchargements.

Consistance
de l'usine.

Les réverbères sont construits comme les fourneaux servant à l'affinage du cuivre dans la méthode galloise, et n'en diffèrent que par quelques détails : ils ont chacun leur cheminée ; le milieu de la voûte est un chapeau mobile au moyen d'une grue, et qu'on enlève pour introduire les grandes masses de cuivre natif ; une grue, construite entre les deux fours, sert à manœuvrer les énormes blocs. Chaque four a deux portes : l'une d'elles est à l'extrémité et sert au travail et à la coulée ; l'autre est latérale et permet de charger rapidement, à la main ou à la pelle, les morceaux et les grenailles.

Les dimensions principales des fours sont les suivantes :

Grille, 1 mètre sur 1^m,30 ;

Sole, 3 mètres sur 4^m,30 ;

Cheminée, 0^m,60 de côté ; hauteur, 20 mètres.

Les cubilots ont 4 mètres de hauteur et 1 mètre de diamètre intérieur : ils sont portés sur des colonnes en fonte, disposition qui rend très-faciles les répara-

tions à la sole en sable ; ils reçoivent le vent par trois tuyères disposées à la même hauteur (1).

Les opérations aux réverbères et aux cubilots sont conduites par un maître fondeur ; pour les deux réverbères, il faut trois ouvriers pendant la nuit et douze pendant le jour ; les cubilots emploient seulement cinq hommes.

Les ouvriers gagnent de 6 à 10 francs par poste.

Le combustible provient des mines de la Pensylvanie : il revient à 40 francs la tonne, par suite d'une augmentation considérable survenue en 1854 ; son prix ordinaire est compris entre 25 et 30 francs.

On fond en même temps, dans les fours à réverbère, les grandes masses et les produits de la préparation mécanique ; la charge ordinaire est de 4 1/2 à 5 tonnes ; dès que la charge est introduite dans le four, on ferme toutes les portes et on chauffe jusqu'à fusion complète. Cette période n'exige aucun travail sur la sole et coïncide avec le poste de nuit, occupant un chauffeur par four et un aide pour amener le charbon.

Dès que toutes les matières sont en pleine fusion, on procède à l'enlèvement des scories à l'aide d'un rabble en fer ; elles sont tirées par la porte du fond, tombent sur le sol de l'usine et sont ensuite enlevées en grandes masses. Elles contiennent de l'oxyde et des grenailles de cuivre, et sont ultérieurement traitées au cubilot.

Quand le cuivre est bien débarrassé des scories, on

(1) Le directeur m'a prié de ne pas faire connaître en détail les opérations faites à son usine ; je dois par suite borner ma description à l'exposé général de la méthode, et ne pas donner toutes les dimensions des fourneaux.

l'amène au point convenable pour la coulée, en suivant à peu près la méthode employée dans l'affinage ordinaire du cuivre; on coule en puisant à la cuiller et versant dans des lingotières en fonte : ces lingotières sont disposées au-dessus de baches contenant de l'eau et sont mobiles autour de charnières horizontales, de manière à ce qu'en faisant pivoter les lingotières on puisse faire tomber le cuivre dans l'eau.

L'opération entière dure de vingt à vingt-deux heures, et on compte seulement sur six charges par semaine et par four, c'est-à-dire sur une soixantaine de tonnes de masses et produits, desquelles on retire de 40 à 45 tonnes de cuivre en lingots.

La charge d'un four à réverbère est quelquefois plus grande que cinq tonnes quand on traite les lingots de la fonte au cubilot; on peut en passer jusqu'à huit tonnes par opération.

La dépense en combustible ne dépasse pas six tonnes pour une opération, on l'évalue même à une tonne par chaque tonne de matière fondue.

Pour fondre les scories au cubilot, on commence par chauffer le fourneau avec du charbon de bois; on charge ensuite les scories mélangées avec un peu de chaux et l'anthracite comme combustible. Les matières fondues sont coulées dans des bassins en brasque; le cuivre se rassemble en lingots irréguliers à la partie inférieure; les scories se solidifient au-dessus du métal : elles sont considérées comme très-pauvres et jetées.

On fond dans une journée, et dans un seul cubilot, de dix à onze tonnes de scories, en brûlant environ trois tonnes d'anthracite. On ne fait pas de campagne, et chaque fourneau mis en feu le matin est mis hors feu le soir.

Le cuivre des scories est assez impur et chargé de

fer; il doit être affiné au réverbère, et donne toujours du métal dont la qualité est moins bonne que celle du cuivre de première fusion.

La navigation étant interrompue pendant l'hiver, l'usine ne peut rester en activité que pendant six à sept mois de l'année; les premiers arrivages ont lieu vers la fin de mai et les derniers en novembre; et tous les approvisionnements sont fondus à la fin de décembre.

Les conditions de la fonte en lingots sont assez favorables à l'usine; elle prélève par tonne de cuivre fondu en lingots :

80 francs pour les gros morceaux et les produits les plus riches du bocardage;

120 à 150 francs pour les deux qualités inférieures de produits, stamp n° 1 et stamp n° 2;

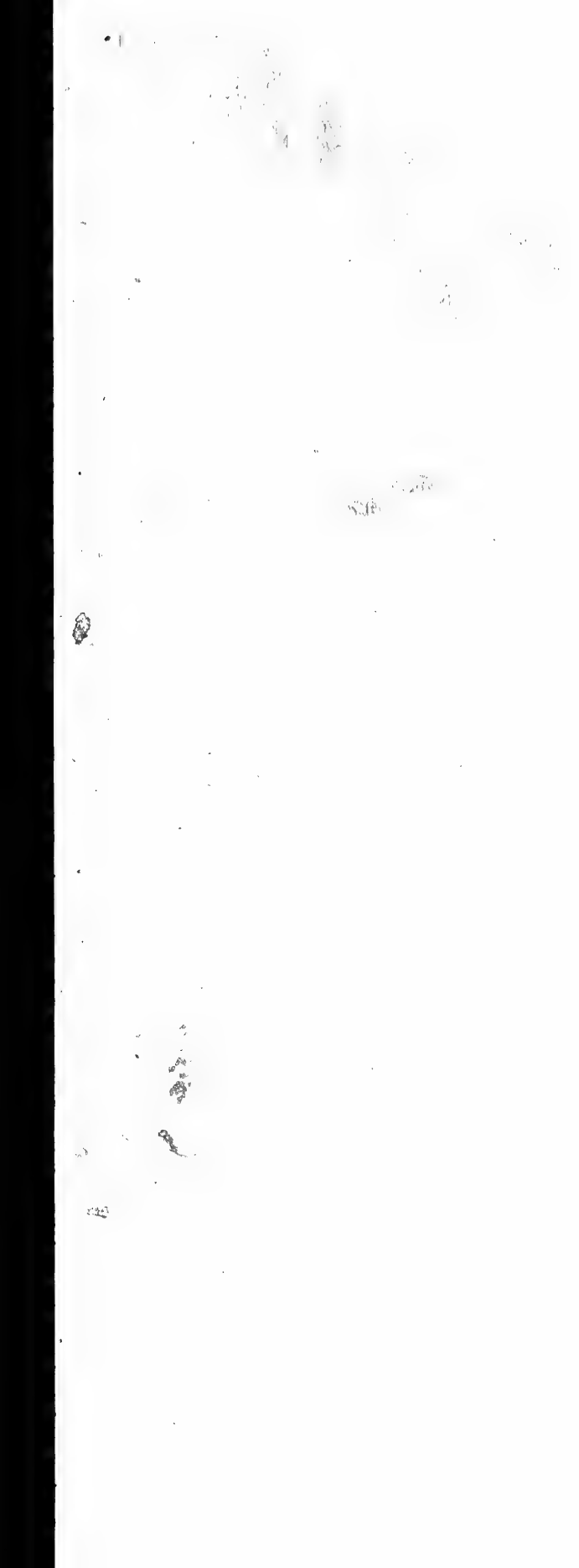
Et de plus 50 francs par tonne de scorie fondue au cubilot.

Ces nombres donnent environ 110 à 115 francs par tonne de cuivre rendu en lingots.

§ III. — Des mines de la pointe de Keweenaw.

Je suivrai dans la description des mines de ce district l'ordre qui me paraît indiqué par la séparation en deux zones métallifères, par la chaîne de greenstone.

Dans la zone métallifère du nord, en allant de l'est à l'ouest, on rencontre successivement des recherches peu développées : auprès du fort Wilkins et du phare de Copper-Harbor; dans les concessions voisines des deux ports de Copper-H. et Agate-H.; auprès de Eagle-H. et de Eagle-river. La seule concession dans laquelle les travaux ont été poussés avec persévérance est celle de Copperfalls, mine dont les produits ont été peu abon-



dants, mais qui paraît devoir occuper bientôt un des premiers rangs sur la liste des mines productives.

Dans la zone métallifère du sud, on a fait des explorations très-nombreuses au pied de la chaîne de trapp à texture cristalline; à l'extrémité orientale les travaux n'ont pas encore fait connaître de filon très-riche, mais il faut remarquer que la plupart d'entre elles n'ont été poussées qu'à une faible profondeur, et que plusieurs ont été abandonnées par suite du manque de capitaux.

Un certain nombre de mines sont en pleine exploitation, et les résultats obtenus sont assez concluants pour qu'on puisse en tirer des indications très-utiles sur la manière la plus convenable de commencer de nouvelles entreprises.

Vers l'ouest, les travaux de recherche n'ont en général donné que des résultats défavorables, et les gisements voisins du lac Portage ne sont explorés que depuis peu de temps: on n'a signalé aucune mine véritablement riche en masses de cuivre au delà de la mine de Cliff.

Je choisirai comme exemples:

Dans celle du nord, la mine de Copperfalls;

Dans celle du sud, les mines de North-West, North-Western, Gliff et South-Cliff.

Je ne donnerai pour toutes ces mines que les renseignements nécessaires pour faire connaître leur situation.

Région du Nord. La concession de Copperfalls est placée à une faible
Copperfalls. distance (5 à 6 kilomètres) du petit port de Eagle-Harbor: elle s'étend depuis les bords du lac jusqu'au greenstone, et comprend toute la partie des filons qui traversent la zone du nord, les alternances, la grande bande de conglomérat et même la petite zone de trapp amygdaloïde.

Les travaux ont été commencés en 1845; mais poussés au hasard ils n'ont d'abord donné que des résultats peu favorables : en 1850 seulement on a dirigé les explorations sur les parties des filons contenues dans la grande zone de trapp, et reconnu la possibilité de faire dans l'avenir des bénéfices notables.

On connaît maintenant six filons; deux d'entre eux sont mis en exploitation sur une large échelle, par des puits et des galeries d'écoulement. Ces travaux ont fait découvrir un banc de trapp amygdaloïde, imprégné de cuivre natif, dont l'importance paraît être assez grande.

Les deux filons sont nommés, copperfalls et hillveins; et le banc d'amygdaloïde est désigné sous le nom assez impropre de ashbed, par suite de la comparaison de sa texture avec celle de cendres volcaniques agglutinées.

Copperfalls-vein.—Le filon est dirigé N. 22 à 25° O., à S. 22 à 25° E., et traverse presque vertical tous les bancs de trapp, de conglomérats et de grès; on peut le suivre à ses affleurements depuis le bord du lac jusque bien au delà du greenstone, en dehors de la concession.

Sa puissance varie de 0^m.30 à 1 mètre, et dépasse 2 mètres dans les renflements; il est bien encaissé et limité par des sallbandes dans le trapp compacte; il présente plusieurs veines détachées dans l'amygdaloïde.

Son exploitation est commencée par sept puits verticaux et par quatre galeries d'écoulement, dont l'achèvement exigera plusieurs années. La galerie inférieure est à près de 100 mètres au-dessous des points les plus élevés de la surface, et sa longueur projetée est de plus de 900 mètres.

La disposition des gangues est à peu près la même que dans tous les autres filons explorés, calcaire dans le conglomérat, et quarzeuse du côté du greenstone.

Près de la surface, le cuivre se présente principalement en petites masses et en grains disséminés dans les gangues. Les masses paraissent devenir plus importantes à mesure que les travaux atteignent une plus grande profondeur, et l'aspect du filon dans les niveaux n° 2 et 3 est déjà favorable.

L'argent natif, en petites masses dans le calcaire spathique, ou mélangé avec le cuivre, s'est montré dans les bancs de conglomérat, sur la limite de la zone de trapp; mais jusqu'à présent on ne peut compter sur ce métal pour donner des bénéfices assurés.

En examinant le plan des travaux on saisit immédiatement le mode d'exploitation par galeries, adopté par le directeur, M. Hill. Aucune machine d'épuisement n'est installée sur les puits, le dépilage est à peine commencé, et tout est préparé pour l'avenir. Quand les galeries seront assez avancées, le filon sera rapidement découpé en massifs tout prêts pour l'abatage, et la mine pourra fournir à peu de frais, et en quantité considérable, du cuivre en masses et des matières à bocarder.

Hill-vein. — Le second filon est à peu près parallèle au premier, mais paraît contenir des masses de cuivre plus grandes. Sa mise en exploitation est commencée par dix puits verticaux et par six galeries d'écoulement, espacées d'environ 20 mètres en hauteur. La plus profonde est à 15 mètres seulement au-dessus du niveau du lac, et doit traverser les alternances de trapp, de conglomérat et de grès, et ensuite toute la zone métallifère du nord : sa longueur totale sera de plus de 2,600 mètres; elle permettra d'exploiter le

filon sans machine d'épuisement à la profondeur de 150 à 200 mètres au-dessous de la surface.

Les travaux commencés dans les puits et les galeries ont fait connaître les caractères principaux du filon sur presque toute l'étendue préparée pour l'exploitation, mais à une faible profondeur en chaque point. Sa puissance est extrêmement variable et présente une série de renflements et d'étranglements, qui paraissent correspondre assez bien à la dureté moins ou plus grande de la roche encaissante. La gangue est principalement calcaire vers le nord, et quarzeuse dans les bancs compacts, surtout vers le sud.

La matière argileuse rouge et la structure bréchi-forme sont fréquentes dans le trapp relativement tendre et dans l'amygdaloïde.

Le cuivre est presque partout disséminé en petits grains, et la gangue est assez riche pour qu'on ait avantage à la bocarder.

Les masses de cuivre sont assez fréquentes dans les bancs amygdaloïdes, et leur importance paraît augmenter dans la profondeur : on a déjà reconnu plusieurs masses de 8 à 10 tonnes, et une dont le poids n'est pas estimé à moins de 30 tonnes.

Dans ce filon on peut facilement distinguer la disposition du cuivre en zones inclinées vers le nord, et qui suivent l'inclinaison des bancs de trapp. Aux bancs compacts de la roche encaissante répondent dans le filon des zones relativement assez pauvres, dans lesquelles on trouve seulement des petites masses de cuivre, et dans lesquelles les grains de métal disséminés dans la gangue sont plus rares. Les colonnes riches en cuivre disséminé et en grandes masses sont particulières à certains bancs de trapp, et principalement à l'amygdaloïde.

L'influence du terrain est maintenant bien évidente, et l'étude comparative de la nature du trapp et de la richesse en cuivre du filon dans ses différentes parties, sera plus tard, quand l'exploitation sera plus avancée, d'une grande importance pour toutes les mines placées dans les mêmes conditions. Les résultats déjà obtenus ont un grand intérêt scientifique et mettent en lumière l'action exercée par le terrain pendant le remplissage des filons.

Je n'ai pas à discuter le mode d'exploitation adopté dans les deux filons, bien différent de celui que suivent toutes les autres mines du lac Supérieur : les filons sont riches et supporteraient certainement les frais d'établissement de machines d'épuisement, à l'aide desquelles on arriverait beaucoup plus vite à l'exploitation en profondeur.

Couche de trapp imprégnée de cuivre-ash-bed. — Les travaux préparatoires exécutés dans les deux filons ont recoupé une couche de trapp assez tendre, criblée de petites cavités amygdaloïdes et de fissures, remplies par toutes les matières que contiennent les filons, quartz, calcaire, feldspath, chlorite, et cuivre natif.

Le métal se présente en petits grains, en feuillets très-minces, et même en masses pesant plusieurs kilogrammes ; la roche est tendre, le bocardage est facile, et la préparation mécanique permet de retirer à peu de frais la plus grande partie du cuivre contenu.

Ce banc très-singulier a une puissance variable, qui atteint jusqu'à 30 mètres près du filon Copperfalls. Il est séparé du trapp granulaire, qui lui est superposé, par un filon composé de matière argileuse rouge, indiquant un glissement des bancs l'un sur l'autre, et d'une zone de gangue ordinaire, mélangée de quartz, de calcaire et de feldspath, imprégnée de cuivre. C'est

un vrai filon de contact par lequel ont dû arriver les matières qui ont rempli la couche poreuse inférieure.

Vers le mur de cet *ash bed* on a reconnu un lit de grès sablonneux également imprégné de cuivre, mais ne formant pas une séparation bien nette du trapp inférieur, qui est lui-même assez poreux.

La teneur moyenne en cuivre de ce gisement ne peut être encore bien appréciée; elle me paraît être de 3 à 4 pour 100; mais tous les mineurs savent combien il faut se défier d'une appréciation de richesse d'une roche en place.

Il est toujours certain que son exploitation peut être avantageuse et qu'elle donnera à la compagnie des quantités considérables de cuivre.

Dans les deux filons, Copperfalls et Hill, on a déjà préparé pour l'abatage un très-grand nombre de massifs, et on admet que plus du tiers de la longueur des filons devra être enlevée, c'est-à-dire que la somme des longueurs, estimées suivant la direction, des parties riches, et celle des parties stériles, sont à peu près dans le rapport de 1 à 2. L'abatage en gradins n'a été fait que dans une proportion très-restreinte jusqu'à la fin de 1854. Le produit moyen pour les deux filons a été de 420 kilogrammes de cuivre pur pour chaque toise quarrée, soit environ 100 kilogrammes de métal par mètre quarré de surface latérale.

En considérant le rapport, précédemment indiqué, des parties riches et stériles, on aurait pour toute la largeur explorée des deux filons, 35 à 40 kilogrammes de cuivre par mètre quarré de surface latérale, richesse minérale qui permet des bénéfices quand l'exploitation sera en pleine activité.

On ne doit pas considérer ce nombre comme rigoureusement établi, puisqu'on n'a exploité jusqu'ici qu'une

très-petite étendue des filons : on doit espérer que les masses de cuivre devenant plus nombreuses dans la profondeur à Hill-vein, le rendement de ce filon sera plus important.

Il est impossible de savoir dès maintenant quels seront les frais de l'exploitation ; on peut seulement espérer que les dépenses relatives aux travaux de mine ne dépasseront pas 25 fr. par mètre carré abattu.

A la surface, la compagnie de Copperfalls a fait construire des maisons d'habitation ; des maisons d'ouvriers ; un magasin général ; un bel atelier de préparation mécanique, dont le moteur est une machine à vapeur, capable de faire fonctionner 48 pilons de bocard (1).

Elle a établi de bonnes routes traversant toute la concession, et prolongées jusqu'à Eagle-Harbor ; au port elle possède un magasin pour la réception et l'embarquement du cuivre.

Situation économique. — Les travaux, commencés en 1846, abandonnés ensuite, ont coûté des sommes considérables dont la société n'a recueilli qu'un très-minime résultat ; de 1846 à 1850, les travaux de mines et les appropriations de surface ont absorbé plus de 500.000 francs : la valeur du cuivre extrait n'a pas dépassé 75.000 francs. Depuis que les exploitations sont conduites avec une connaissance plus parfaite de la géologie de la contrée et de l'allure des filons, on a dépensé 400.000 francs (décembre 1850 au 1^{er} mars 1854) et vendu pour près de 110.000 francs de cuivre. Aucun dividende n'a été payé aux actionnaires, et par

(1) 16 pilons étaient en activité à la fin de 1854 ; on espère arriver bientôt à faire fonctionner 16 autres pilons. On doit même construire prochainement deux autres ateliers.

suite on a dépensé ou conservé pour les dépenses futures près de 1.100.000 francs : on espère que la production toujours croissante du cuivre permettra l'achèvement de tous les travaux commencés sans qu'on ait besoin de faire un nouvel appel de fonds.

Je dois faire remarquer que le capital engagé est réellement très-faible, bien que les premières dépenses aient été faites presque en pure perte, et que par conséquent la compagnie sera dans une position encore favorable quand les deux filons et la couche imprégnée de cuivre seront en pleine exploitation.

Production pendant les années 1852 et 1853 :

Cuivre pur, en 1852. 6.300 kilogrammes.

Id. en 1853. 45.800 »

Pendant l'année 1854 on a dû expédier des produits contenant près de 110 tonnes de cuivre pur, et on compte atteindre 400 tonnes en 1855.

On n'a pas tenu compte de la valeur de l'argent natif, qui cependant s'est présenté en certaine abondance dans plusieurs parties des filons.

La concession de North-West est située auprès du greenstone, tout près de la baie d'Agate : ce port étant encore inhabité, la compagnie doit s'approvisionner et envoyer ses produits à Eagle-Harbor, éloigné d'environ 9 kilomètres. Une bonne route a été construite, et les transports ne sont pas très-onéreux.

Région du Sud.
North-West.

Les travaux ont été commencés en 1847 par l'ancienne société Northwest-Mining Company, mais poussés très-mollement ; ils ont été repris activement par la compagnie actuelle, qui a, vers 1849, acheté les droits et les terrains de la première.

Elle a construit à la surface des maisons, magasins, etc., établi la route carrossable d'Eagle-Harbor et terminé la préparation mécanique, dont le bocard à

douze pilons est mû par une petite machine à vapeur.

Elle a fait l'exploration de trois veines, et poussé l'exploitation dans deux d'entre elles.

Les trois veines sont nommées :

Stoutenburgh, dirigée N. 16° 1/2 E. ;

Hogan et Killy, dirigées N. 19° O.

Elles doivent se réunir en un seul filon à une certaine distance de l'exploitation.

Stoutenburgh — Les travaux sont faits par quatre puits à sept niveaux différents, espacés de 20 mètres ; le niveau supérieur sert de galerie d'écoulement ; une machine à vapeur, installée sur l'un des puits, permettra d'épuiser les eaux à une profondeur bien plus grande que celle à laquelle on est maintenant parvenu.

Les cinq niveaux supérieurs ont été poussés en direction, sur une longueur de 250 à 300 mètres, depuis le lit de conglomérat, qui sépare le greenstone du trapp amygdaloïde, jusqu'aux bancs compacts du sud. Aux deux niveaux inférieurs l'exploitation est seulement commencée.

Le filon est maintenant assez bien connu, en profondeur jusqu'à 150 mètres au-dessous de la surface, en direction sur environ 300 mètres : il a une puissance variable entre 0^m,15 et 0^m,50, et se trouve presque partout nettement séparé de la roche encaissante. La gangue est principalement composée de matière argileuse rouge et de chlorite ; le quartz, le calcaire spathique et le feldspath ne sont en évidence que par places. Le cuivre se présente disséminé en petits grains et en petites masses, assez nombreuses vers la surface.

Les grandes masses sont rares, et la plus forte n'a pas pesé plus de 11 tonnes. Les bancs de trapp, au contact immédiat du conglomérat, sont à texture grenue ; un peu plus vers le sud on connaît trois bandes

irrégulières d'amygdaloïde, auxquelles succède le trapp compacte.

Le filon est notablement plus riche dans l'amygdaloïde; il est pauvre dans le trapp grenu, et paraît complètement stérile dans le trapp compacte du sud. On retrouve dans cette mine la même influence de la nature du trapp sur la richesse du filon, que j'ai signalée pour Copperfalls, et qui est plus ou moins évidente pour toutes les mines exploitées à la pointe de Keweenaw.

Pour le filon de Stoutenburgh on ne peut pas indiquer une notable amélioration dans la profondeur: aux niveaux inférieurs il est à peu près aussi pauvre qu'aux affleurements.

Dans les bancs amygdaloïdes le filon n'est pas toujours bien encaissé, et la roche contient des grains de cuivre natif jusqu'à une certaine distance de la veine, ce qui oblige à abattre et amener au jour une notable proportion de la roche encaissante, souvent très pauvre, mais quelquefois assez riche pour mériter la préparation mécanique.

Hogan. — Les travaux sont moins avancés dans la veine Hogan que dans la précédente: elle est maintenant explorée sur une centaine de mètres en direction et sur 90 mètres environ en profondeur. Elle présente les mêmes caractères; sa gangue est notablement plus quartzreuse; les masses de cuivre sont plus rares et toutes de faibles dimensions.

La troisième veine n'a pas encore été mise en exploitation.

Les roches soumises à la préparation mécanique, provenant des deux veines exploitées, sont pauvres en cuivre et ne rendent pas plus de 12 à 14 kilogrammes de métal par tonne. Les frais d'exploitation et de pré-

paration s'élèvent à 23 ou 24 francs par tonne, ce qui laisse une marge bien faible pour les transports et les frais de fusion. Les masses de cuivre pourraient seules donner à la mine une plus grande valeur; malheureusement elles ne sont pas nombreuses et leurs dimensions sont généralement très-faibles. La profondeur à laquelle les travaux sont parvenus dans la veine Stoughtenburgh, sans notable enrichissement, ne donne pas l'espérance d'un avenir plus favorable; cependant la compagnie continue ses travaux avec une grande persévérance.

Jusqu'au 1^{er} janvier 1853, la compagnie de Northwest a dépensé 1,528,923 francs, en acquisitions, routes, constructions, travaux de mines, machines, etc., et elle a produit du cuivre pour la somme de 783,822 francs.

Ses dépenses annuelles ne doivent pas atteindre 350,000 francs et restent inférieures à la valeur du cuivre produit. Le rendement en cuivre du mètre carré de surface abattue dans les deux veines est de 27 à 28 kilogrammes.

Produits. — Les veines de Northwest ont livré :

	Masses et produits préparés.	Tenant cuivre.
En 1849	22.080 kilog. . . .	17.100 kilog.
En 1850	135.300 —	97.500 —
En 1851	217.440 —	146.500 —
En 1852	190.140 —	134.450 —
En 1853	121.000 —	114.450 —
	715.970 kilog. . . .	510.000 kilog.

Je n'ai pas pu me procurer la production de 1854, mais je ne pense pas qu'elle ait dépassé beaucoup celle de 1853.

(1) Il faut remarquer qu'on n'a fait l'abatage que dans les parties les moins pauvres.

Northwestern. — La concession de Northwestern est placée au sud de celle de Copperfalls, à 8 kilomètres environ de Eagle-Harbor. Les travaux ont été commencés en 1845 par une première compagnie, qui s'est réorganisée en 1848 sous le nom de *Northwestern mining company of Detroit*. On n'a exploré qu'un seul filon, dont la direction est celle de Copperfalls-vein; on ne peut encore affirmer que ce soit le même filon au nord et au sud du greenstone; il peut exister un rejet entre les deux exploitations.

Les travaux sont poursuivis dans la zone de trapp, en partie compacte, en partie amygdaloïde, auprès et au sud du greenstone; le filon, dirigé N. 22° O., presque vertical, est divisé en plusieurs veines du côté de la roche cristalline. Les veines se réunissent promptement en un seul filon qui paraît s'étendre bien loin vers le sud. Sa puissance est faible à la surface et varie de 0^m,30 à 0^m,70; elle est bien plus grande dans la profondeur, et le niveau inférieur a déjà fait connaître des renflements dans lesquels le filon a plus de 3 mètres d'épaisseur. La gangue est très quartzeuse près du greenstone; plus au sud, elle est composée de chlorite, de matière argileuse rouge, de quartz, de feldspath; elle offre souvent la texture bréchiforme, due à la présence de nombreux fragments de la roche encaissante. Les sillbandes argileuses existent presque partout dans les bancs de trapp compacte, et les géodes, tapissées de beaux cristaux de quartz, d'analcime et de feldspath, sont très-fréquentes.

La partie supérieure du filon contient le cuivre disséminé en petits grains, et n'a donné que des matières à bocarder assez pauvres, rendant 2 1/2 p. 100 à la préparation mécanique. Dans la profondeur, le filon devient de plus en plus riche, et les masses de cuivre

de 8 à 12 tonnes sont assez nombreuses dans les renflements. On a commencé dernièrement à dégager et couper une masse dont le poids est évalué à plus de 50 tonnes. Le filon est donc bien différent de ceux de Northwest, et devient plus beau à mesure qu'on approfondit les travaux.

On a fait jusqu'à présent quatre puits, profonds de 34, 62, 66 et 70 mètres, et poussé trois niveaux, dont la longueur en direction est comprise entre 400 et 500 mètres. Le niveau supérieur sert de galerie d'écoulement; les eaux sont épuisées à l'aide d'une machine à vapeur.

À la surface, la compagnie a fait d'assez belles installations et construit un atelier de préparation mécanique, dont le bocard est mis en mouvement par une machine à vapeur.

Les travaux ont été poussés peu activement jusqu'au moment où les masses de cuivre ont été constatées, et maintenant encore ils n'occupent qu'une quarantaine de mineurs, et à peu près le même nombre d'ouvriers à la surface.

La production en cuivre a été presque nulle pendant les années qui ont précédé 1854: ainsi, en 1853, la mine a expédié 30,500 kilogrammes de petites masses et produits préparés, contenant 22 tonnes de cuivre pur.

En 1854, la production s'est élevée à 150 tonnes, et si le filon continue à s'enrichir en profondeur, comme cela est arrivé au niveau de 60 mètres, on espère produire 300 tonnes en 1855, et augmenter progressivement les expéditions.

Je ne connais pas exactement les dépenses faites par la compagnie de Northwest; les actionnaires n'ont pas dû verser beaucoup plus de 600,000 francs.

Cliff-Mine. — La concession possédée par la compagnie *Pittsburg and Boston-Mining Company*, s'étend depuis les bords du lac, à l'ouest de *Eagle-River*, jusqu'au delà du *greenstone*. Elle embrasse, sur une largeur de 3 kilomètres environ, la totalité de la zone métallifère du nord, et 200 mètres de la zone du sud. La compagnie est la plus ancienne et la plus riche de toutes celles qui se sont formées pour exploiter les mines du lac Supérieur, et celle qui paye maintenant les plus beaux dividendes.

Elle a d'abord acheté à très-bas prix les permis de recherches obtenus du gouvernement. en 1843, par M. Raymond, et commencé l'exploration du filon du Phare à Copperharbor; bientôt après elle a concentré toutes ses forces sur la mine de Cliff. Depuis l'année 1845, elle exploite un seul filon dans la partie méridionale de sa concession, entre le *greenstone* et la limite de la concession voisine (*North-American*); cette limite très-importante n'est pas exactement déterminée, elle est à 200 mètres environ au sud de l'affleurement du conglomérat, qui est placé sous la roche cristalline. Dans la zone métallifère du nord, l'affleurement du même filon a été constaté, mais on n'a fait jusqu'à présent aucune exploration sérieuse de ce côté.

Dans cette partie de la contrée, les montagnes de *greenstone* présentent vers le sud des escarpements, élevés de plus de 30 mètres au-dessus de la vallée couverte d'alluvions, qui s'étend à une grande distance jusqu'à la chaîne porphyrique. Le trapp cristallin offre une légère courbure, et l'escarpement est fissuré verticalement dans une direction normale aux bancs de trapp. La vallée profonde d'*Eagle-River* indique une cassure au coude principal de tous les terrains, tandis que vers l'est, la courbure, moins prononcée, cor-

201

respond à de nombreuses fentes, dont les principales sont remplies par des filons.

Des explorations ont été commencées sur plusieurs veines et bientôt abandonnées; le seul filon de Cliff-Mine a été reconnu véritablement riche. Il est dirigé N. 27° O., et pénètre dans le greenstone en plusieurs veines, dont la direction est normale aux bancs de trapp; elles se réunissent progressivement vers le sud au filon principal, dont le prolongement, démontré par les travaux faits par la compagnie North American, est caché par les alluvions.

Il plonge vers l'est sous un angle de 75 à 85°; sa puissance est très-variable; elle atteint 2 mètres et même 3 mètres aux renflements et à la réunion des veines, et descend parfois à 0^m,25.

La gangue est composée de quartz, chlorite, calcaire et de matière rouge, présentant toutes les variétés de disposition que j'ai indiquées dans le chapitre précédent. Les veinules de laumonite et d'épidote sont assez fréquentes, et les géodes, qui se trouvent assez souvent dans les parties puissantes du filon, sont remplies par de l'argile et tapissées de très-beaux cristaux de quartz, d'analcime, de baryte sulfatée, de prehnite et même de cuivre natif.

La gangue contient une forte proportion de cuivre en petits grains, et rend jusqu'à 5 p. 100 de métal à la préparation mécanique. Les masses de cuivre se sont présentées dès la surface très-nombreuses et de grandes dimensions; elles se continuent en profondeur et sont principalement puissantes dans les parties du filon qui sont encaissées dans le trapp amygdaloïde.

J'ai vu dans la mine des masses de plus de 2 mètres d'épaisseur.

L'argent natif est assez abondant vers la surface,

mais presque toujours assez intimement mélangé avec le cuivre; on n'a pas encore constaté dans quelles parties du filon l'argent est plus ordinairement en forte proportion; il est dans les veines de calcaire spathique, mélangé de feldspath et de quartz, qui semblent répondre à la séparation des bancs de trapp de texture différente, mais cette loi est bien loin d'être certaine.

Les premiers travaux ont été faits dans le greenstone dans une veine très-mince, contenant très-peu de cuivre, et portés bientôt sous les alluvions au pied de l'escarpement. On travaille maintenant par trois puits très-rapprochés à sept niveaux différents, espacés de 20 mètres; le huitième niveau sera bientôt commencé, à la profondeur de 170 mètres au-dessous de l'affleurement du conglomérat. Le niveau de 50 mètres sert de galerie d'écoulement; une machine à vapeur spéciale pour l'épuisement des eaux est installée sur le puits n° 3, dont l'orifice est sur le plateau de greenstone (Pl. VIII, fig. 5).

Entre le puits n° 1 et la limite de la concession vers le sud, les niveaux n'ont guère que 200 mètres; vers le nord, leur étendue devient plus grande à mesure que les travaux sont plus profonds, par suite de l'inclinaison des bancs (28° au nord). Au sixième niveau, on a déjà plus de 300 mètres d'allongement, longueur considérable si on la compare à la richesse extraordinaire du filon. Plusieurs tentatives ont été faites dans le greenstone, mais sans aucun succès; les veines deviennent à peu près stériles à quelques mètres au sud de la roche cristalline.

L'exploitation suit de très-près les travaux préparatoires, de telle sorte que la production varie avec la richesse des parties exploitées et avec le développement croissant des niveaux successifs. Les résultats obtenus pendant les dernières années indiquent à peu près la

même richesse du filon à différentes profondeurs. Près de la surface, les masses de cuivre ont été plus nombreuses; aux cinquième et sixième niveaux, les masses sont plus fortes et la proportion de matière à bocarder semble augmenter assez rapidement.

On estime que dans toute la partie exploitée, chaque mètre carré de surface latérale a rendu plus de 100 kilogrammes de cuivre pur.

La préparation mécanique est établie auprès du puits n° 1, qui sert à l'extraction et à l'épuisement (1). La même machine à vapeur met en mouvement les pompes et les trente pilons du bocard.

Tous les établissements de la compagnie sont dans la vallée d'Eagle-River, entièrement défrichée, et forment, avec ceux de North-American, un village déjà important.

La mine emploie 150 mineurs, et les travaux de surface occupent une centaine d'ouvriers.

Le tableau suivant (2) fait connaître les opérations de la société depuis 1844.

Années.	DÉPENSES.	PRODUITS expédiés.	Tens. 00	CUIVRE PUR. kil.	RECETTES ou valeur du cuivre. fr.	DIVIDENDES	
	fr.	kil.				par action.	Total.
1844	16,253,80	"	"	"	"	fr.	fr.
1845	135,544,90	16,585	60.00	9,951.00	15,734.10	"	"
1846	350,478,40	54,375	38.10	20,716.87	47,016.00	"	"
1847	413,868,70	364,000	56.30	205,438.70	376,178.00	"	"
1848	557,978,00	827,600	60.20	498,215.20	891,957.00	"	"
1849	566,934,60	1,142,500	56.10	610,942.5	822,703.00	53.00	318,000
1850	629,555,20	760,890	46.90	359,629.2	948,333.00	74.20	445,200
1851	678,401,60	764,210	55.30	422,608.00	927,739.60	53.00	318,000
1852	598,527,95	830,150	49.90	414,244.88	858,160.00	53.00	318,000
1853	963,905,70	1,031,450	45.00	464,152.55	1,110,000	79.50	477,000
1854	1,000,000	1,680,000	50.00	840,000.00	2,000,000	93.40	572,400
(2)							

(1) Le puits n° 2 est consacré à l'enlèvement des masses de cuivre, à l'aide d'un cabestan à quatre chevaux.

(2) Ce tableau et le précédent sont tirés de l'excellent ouvrage de M. Whitney sur la richesse minérale des États-Unis.

(3) Les nombres pour 1854 sont seulement approximatifs.

Les actionnaires n'ont encore versé que 20 dollars, soit 106 francs pour chacune des 6,000 actions, et les directeurs espèrent arriver bientôt à donner un dividende annuel égal à la somme payée par chaque action.

Argent produit. — L'argent s'est présenté dans presque tous les travaux tellement mélangé avec le cuivre, qu'il a été difficile de l'utiliser; on prétend même que les ouvriers ont dérobé une grande partie des morceaux de métal à peu près pur. Quoi qu'il en soit, la mine n'a pas livré plus de 110 kilogrammes d'argent en six ans, de 1846 à 1851, et on ne peut pas espérer un meilleur résultat à l'avenir.

Observations. — La compagnie *Pittsburg and Boston-Mining Company* est dans une situation plus favorable que toutes celles des sociétés possédant des mines à la Pointe de Keweenaw; elle le doit à un ensemble de circonstances tout à fait spéciales, et qu'on ne peut pas espérer réunir dans une autre entreprise.

Elle a commencé avec un faible capital, en achetant les terrains pour une somme extrêmement faible. Elle n'a presque rien dépensé en travaux stériles, et a trouvé presque sans recherches un filon extraordinairement riche dès la surface. Elle a concentré son exploitation dans la partie du filon reconnue métallifère, et n'a fait et ne fait encore maintenant aucun travail d'avenir.

Cette compagnie a, par conséquent, été dégagée des trois plus lourdes charges qui empêchent ordinairement la réussite des entreprises de mines: achat de la concession à un prix exagéré, capital social trop élevé, travaux stériles dans les filons. On ne doit pas être étonné du haut prix qu'ont atteint les actions de *Cliff-Miné*, mais on peut craindre qu'il ne se soutienne pas toujours, puisque l'absence de travaux préparatoires

DIVIDENDES	
	Total.
fr.	
"	
"	
"	
"	
"	
318.000	
445.200	
318.000	
318.000	
477.000	
572.400	

fait reposer tout l'avenir sur la continuité de richesse du filon (1).

North-American
South Cliff.

La concession de la société *North-American-Mining Company* est située au sud du greenstone, et s'étend à l'ouest et au sud de la précédente.

La compagnie a commencé, en 1846, l'exploration d'un filon, dirigé N. 58° O., contenant des masses de cuivre réparties très irrégulièrement; elle a continué les travaux sur une grande longueur en direction et jusqu'à la profondeur de 125 mètres. En 1853, elle avait dépensé plus d'un million de francs en installations de surface et en travaux souterrains, et n'avait retiré que 220 tonnes de cuivre et un peu d'argent natif.

Dans ces conditions défavorables, le directeur a pensé à rechercher sous les alluvions le filon de Cliff, reconnu si riche depuis plusieurs années. Dès que les premiers travaux ont eu traversé les 18 mètres d'alluvions qui couvrent la vallée, on a trouvé le filon contenant des masses de cuivre et la gangue imprégnée de métal. On l'a exploré par deux puits inclinés, auxquels on substituera bientôt deux grands puits verticaux, par une galerie d'écoulement, par trois niveaux et par des cheminées.

Les deux niveaux supérieurs ont environ 200 mètres en direction, et sur toute cette longueur, le filon a bien la même allure et la même richesse que dans la concession de Cliff-Mine. Vers le nord, il est divisé en deux veines qui se réunissent vers le milieu de la partie explorée, en présentant un renflement extrêmement riche.

Les masses de cuivre sont de grandes dimensions. J'ai vu, en place dans la mine, un gros bloc déjà dégagé sur environ 30 mètres en hauteur et 7 à 9 mètres

(1) Les lettres que j'ai reçues en 1855 annoncent encore un accroissement de la richesse du filon de Cliff.

en direction; son épaisseur, très-variable, atteint 2 mètres en plusieurs points.

Le directeur espère arriver bientôt à la production de 50 tonnes de cuivre par mois, et par suite payer de bons dividendes, malgré les dépenses énormes faites sans résultat dans le filon North-American.

L'argent natif s'est présenté, comme à Cliff-Mine, dans le calcaire spathique, et presque toujours mélangé avec le cuivre. Jusqu'à présent on n'a obtenu que des échantillons d'argent natif pur.

La mine occupe 85 mineurs, et les travaux à la surface emploient une centaine d'ouvriers.

§ IV. — Des mines de l'Ontonagon.

J'ai déjà fait connaître, dans les premiers chapitres, les conditions générales dans lesquelles sont placées les mines de la contrée d'Ontonagon, leur éloignement du rivage et l'absence d'un véritable port. Un nombre considérable de sociétés se sont formées pour explorer les terrains métallifères, c'est-à-dire la bande de trapp qui présente un arc de cercle irrégulier, dont la ville d'Ontonagon est le centre. La plupart d'entre elles n'ont encore fait que des travaux insignifiants, mais plusieurs ont exploité et dépensé des sommes considérables avec des résultats divers.

La mine de Minnesota a seule jusqu'ici payé de gros dividendes et trouvé de grandes masses de cuivre, et de l'argent natif en forte proportion. D'autres explorations faites dans le même gisement donneront probablement bientôt des bénéfices; mais les recherches entreprises dans la chaîne du sud ne se présentent pas sous un aspect favorable. Il en est de même des travaux commencés dans le voisinage des Porcupine-Mountains, et de ceux qui ont été faits près du Portage.

Je citerai comme exemples les mines de Minnesota, Forest, Toltéc, Adventure et Ridge. Les premières utilisent la rivière pour les transports; les autres ont dû faire établir une route en planches, longue de plus de 25 kilomètres et coûtant une dizaine de mille francs par kilomètre.

Minnesota.

La concession de Minnesota est placée à l'est de la rivière d'Ontonagon, et vers le milieu de la zone de trapp; ses communications avec la ville sont assez difficiles; la compagnie a fait une route longue de 4 kilomètres de ses établissements à la rivière, sur laquelle les transports sont rendus pénibles et dangereux par cinq rapides.

La distance de la mine à la ville est d'environ 30 kilomètres, et les frais de transport dépassent 5 francs par tonne pour la descente; ils sont plus élevés encore pour la remonte.

Le filon parallèle à la formation de trapp (1) est indiqué à la surface par des anciennes excavations très-développées, dans lesquelles on a pénétré en 1848; les premiers travaux ont constaté la richesse de la veine du nord, exploitée maintenant avec une grande activité. La veine du sud, riche en argent, n'a été reconnue que plus tard, parce que ses affleurements sont en grande partie couverts par les alluvions. Le même système paraît s'étendre jusque vers la mine de Toltéc, et peut-être encore bien plus loin vers l'est; on le connaît aussi vers l'ouest, mais jusqu'à présent la mine de Minnesota est presque la seule exploitée sur une grande échelle et en même temps productive; dans son voisinage immédiat, la mine de *Rockland* et celle de *Na-*

(1) J'ai indiqué dans le chapitre précédent sa disposition générale et les caractères des deux veines.

tional, explorées sans capitaux suffisants, pourront devenir plus tard aussi productives.

A Minnesota, la veine du Nord est mise en exploitation par quatre puits foncés dans le filon, inclinés à 65° et munis : l'un d'une machine à vapeur d'épuisement, un second d'un cabestan à deux chevaux pour l'enlèvement des grandes masses de cuivre, les deux autres de manèges servant à l'extraction. Leur profondeur varie de 110 à 120 mètres, et leurs orifices sont sur le bord méridional d'un long plateau elliptique, élevé de 30 mètres environ au-dessus de la vallée.

Une petite galerie d'écoulement donne une exhaure d'une trentaine de mètres; plus bas, les travaux d'exploration et d'exploitation ont été faits à quatre niveaux différents, espacés de 20 mètres sur une longueur de 400 mètres en direction.

On a obtenu de la gangue imprégnée de cuivre, mais en proportion notablement plus faible que dans les mines de la Pointe de Keweenaw.

Les masses de cuivre ont été nombreuses à une faible profondeur, et semblent augmenter d'importance aux niveaux inférieurs; leur épaisseur la plus ordinaire est comprise entre 0^m,25 et 0^m,50; cependant une d'elles a présenté jusqu'à 1^m,60 de puissance, et le directeur m'a certifié qu'on en avait déjà retiré plus de 200 tonnes de cuivre.

Les masses de métal ont la surface très-irrégulière, ne peuvent pas être bien débarrassées de la gangue sous le marteau, et rendent au plus 78 p. 100 de cuivre pur.

La gangue imprégnée de cuivre est envoyée à la préparation mécanique, établie à plus de 2 kilomètres de distance. Je n'ai pu me procurer de renseignement positif sur son rendement.

En janvier 1854, on avait enlevé dans la mine envi-

ron 16,500 mètres carrés de surface latérale, sur une épaisseur variable avec la puissance du filon, et retiré 72 kilogrammes de cuivre par mètre; ce résultat prouve que la veine du nord de Minnesota est notablement moins riche que le filon de Cliff-Mine, qui donne plus de 100 kilogrammes par mètre carré.

La veine du sud est mise en exploitation seulement depuis 1852; les travaux sont poussés maintenant à trois niveaux par deux puits inclinés, profonds de 75 mètres et foncés dans la veine elle-même. Elle produit de l'argent natif, engagé dans le calcaire et souvent mélangé avec le cuivre; de petites masses de cuivre très-irrégulières et de la gangue à bocarder, mais seulement en très-faible proportion.

Les établissements à la surface sont déjà très-développés et les défrichements commencés sur une très-large échelle.

La compagnie emploie 340 personnes, soit dans la mine, soit pour les travaux de la surface, et ce nombre paraît devoir être augmenté prochainement. La production annuelle est maintenant de 586 tonnes de cuivre pur, et le directeur a l'espérance de l'augmenter progressivement.

Les opérations de la compagnie sont résumées dans le tableau suivant, tiré de l'ouvrage de M. Whitney.

Années.	DÉPENSES.	TENNOR en cuivre des produits exposés.	CUIVRE pur produit.	RECETTES.	DIVIDENDE	
					par action.	total.
	fr.		kil.	fr.	fr.	fr.
1848	69.200	75	4.975	"	"	"
1849	138.400	75	38.500	"	"	"
1850	307.400	75	75.000	"	"	"
1851	466.400	72	184.900	"	"	"
1852	652.668	74	233.620	271.413	"	"
1853	891.693	72	537.810	1.300.000	"	"
1854	"	72	580.000	"	150	477.000

Le capital social était divisé en 3,000 actions, sur lesquelles on avait appelé 30 dollars, soit 159 francs ; la société vient d'augmenter son capital en portant à 10,000 le nombre des actions, dans le but de mettre le capital en relation avec l'importance de l'entreprise et de créer un fond de roulement suffisant.

La concession de Forest est située à l'ouest de la rivière d'Ontonagon, sur des montagnes élevées de près de 200 mètres au-dessus du lac, appartenant aux premiers contre-forts de la chaîne du sud. Je ne peux cependant rien préciser à cet égard : la large vallée dans laquelle coule la rivière semble répondre à une faille transversale qui a changé les alignements ; en direction, la mine de Forest serait sur le prolongement du filon de Minnesota ; mais les caractères des gîtes exploités semblent indiquer que cette mine appartient à la chaîne du sud.

Forest.

Les affleurements présentent des excavations anciennes dans lesquelles on a commencé les explorations vers la fin de 1849 ; les premiers travaux ont fait trouver des masses de cuivre pesant jusqu'à deux tonnes, que les Indiens avaient laissées ; et par suite, on a conçu les plus belles espérances pour l'avenir de l'exploitation, espérances qui ne se sont pas encore réalisées.

Le filon exploité est dirigé N. 65° E., et plonge vers le nord sous un angle de 60° ; il est intercalé entre deux bancs de trapp amygdaloïde et grenu, dans lesquels la matière de remplissage a pénétré. Il est composé de quartz blanc laiteux, de chlorite et d'épidote mélangée avec du quartz et avec du calcaire. On n'a obtenu que de très-petites masses de cuivre et du cuivre disséminé en grains, dans le quartz et surtout dans l'épidote.

On a foncé trois puits profonds de 85 à 100 mètres, et poussé quatre niveaux en direction ; dans la profon-

deur, la richesse du filon ne paraît pas augmenter.

L'atelier de préparation mécanique a été brûlé en mars 1853; il vient d'être reconstruit au bord de la rivière, à 3 kilomètres des puits. On a établi en même temps un plan incliné, sur lequel les waggons chargés de gangue à bocarder descendent presque sans frais au bocard.

Ces constructions et toutes les installations de surface sont très-belles, et répondent plutôt aux espérances conçues dans les premiers temps qu'aux résultats donnés par l'exploitation. Jusqu'à présent la mine de Forest n'a fait que très-peu d'expéditions, et son avenir n'est pas encore assuré.

Toltec.

La concession de Toltec est située à 20 kilomètres au N.-E. de Minnesota, et paraît être dans la même position, c'est-à-dire sur le versant méridional de la chaîne centrale. A cette position et aux espérances qu'elle fait concevoir doivent être attribuées les dépenses qui ont été faites pour les établissements à la surface et pour la route en planches qui reliera bientôt cette mine à la ville d'Ontonagon (1).

On a formé deux puits principaux et trois puits secondaires dans un filon très-irrégulier, dirigé N. 60° E., et plongeant vers le nord sous un angle de 60° environ; on le compare à la veine du nord de la mine de Minnesota, et l'affleurement de la veine du sud est indiqué, au pied de la montagne, au contact du conglomérat, que les alluvions laissent à découvert en plusieurs points.

Les deux puits principaux ont 72 et 75 mètres de profondeur, et sont munis de manèges pour l'extraction. En direction, on a poussé trois niveaux: le plus élevé sert de galerie d'écoulement et reconnaît le filon

(1) La route en planches est faite à frais communs par les mines Toltec, Adventure, etc..., qui sont de ce côté.

sur plus de 200 mètres de longueur; le second est moins avancé et le troisième est à peine commencé. La puissance du filon est extrêmement variable, de 0^m,06 à 2 mètres et plus; des veines secondaires ont été constatées en plusieurs points, mais n'ont pas été suffisamment explorées.

Dans les étranglements, le filon est très-quartzeux; dans les renflements, il est rempli par du quartz, de la chlorite, du calcaire spathique, de l'épidote verte, de la matière rouge et des fragments du trapp encaissant, formant des brèches à grandes parties. On a constaté des veinules de laumonite, mais je n'ai vu nulle part ce minéral en veines un peu puissantes. Les renflements présentent souvent des géodes en partie remplies par de l'argile rouge et tapissées de cristaux de quartz.

Les vieux travaux qu'on peut suivre sur la montagne, à une grande distance vers le N.-E., paraissent indiquer que la partie riche du filon se trouve à l'est de la partie maintenant explorée.

Dans les travaux actuels, on a trouvé quelques petites masses de cuivre et ce métal disséminé en grains dans la gangue; la matière à bocarder paraît tenir de 2 1/2 à 5 p. 100 de cuivre dans les parties riches.

Les travaux ne sont pas encore assez développés pour qu'on puisse se prononcer sur l'avenir; il faut attendre qu'on ait pu mieux explorer la profondeur, la veine du sud, et principalement les parties qui répondent aux anciennes excavations.

La mine Adventure est située au S.-O. et à une faible distance de Toltec, dont elle est séparée par la vallée. Des travaux assez importants ont été faits dans un filon intercalé entre un banc de trapp amygdaloïde et un banc de trapp grenu. La direction est N. 75° E. et le pendage de 60 à 65° vers le nord; la gangue contient

Adventure.

du quartz et du calcaire spathique, de la chlorite et des fragments de trapp, et des masses considérables d'épidote verte intimement mélangée avec du calcaire.

La puissance est difficile à définir, parce que la matière de remplissage a pénétré la roche amygdaloïde à une distance assez grande du filon. Aux affleurements on distingue deux veines peu distantes, dont la puissance est de 0^m,25 à 0^m,35.

On a dépensé plus de 300,000 francs en travaux souterrains et produit : un peu d'argent natif, quelques petites masses de cuivre, et du cuivre disséminé en petits grains dans l'épidote et dans l'amygdaloïde imprégnée des matières du filon.

A la mine Adventure comme à Forest, et en général comme dans toutes les entreprises tentées dans la chaîne du sud, on a déblayé d'anciens travaux contenant des petites masses de cuivre, et à une profondeur plus grande, on n'a plus trouvé que des matières à bocarder, pauvres en cuivre, et des petites masses trop peu nombreuses pour qu'on puisse espérer faire des bénéfices.

En quatre ans, la mine Adventure n'a expédié que 14 à 15 tonnes de cuivre.

Ridge.

La concession Ridge est située au S.-O. de la précédente et sur la même montagne. On exploite un filon d'épidote, intercalé entre le trapp grenu et le trapp amygdaloïde, peu puissant et surtout très-pauvre en cuivre. L'amygdaloïde est imprégnée des matières du filon et doit être extraite en forte proportion pour être soumise au bocardage.

On a foncé deux puits inclinés profonds de 110 et 120 mètres, et commencé l'exploitation à quatre niveaux différents.

On n'a obtenu que de très-petites masses de cuivre et de la roche épidotique ou amygdaloïde, pauvre en

métal. On a dépensé, pour les travaux souterrains et pour la construction d'un bocard à douze pilons, avec machine à vapeur, au moins 400,000 francs sans résultat favorable.

§ V. — *Considérations générales.*

Les détails dans lesquels je suis entré au sujet des mines exploitées au lac Supérieur, peuvent se résumer en quelques lignes.

Les Indiens ont exploité de tout temps les affleurements; ils ont cherché principalement les petites masses de cuivre et ne sont pas descendus au-dessous du niveau des eaux.

Les travaux modernes ont commencé vers 1842, mais ne sont devenus réguliers qu'après l'achèvement de la carte géologique. Les terrains métallifères sont maintenant possédés :

1° Par des compagnies sérieuses et puissantes exploitant avec une grande persévérance, et dont un petit nombre est arrivé ou arrivera bientôt à des résultats favorables;

2° Par des particuliers ou des associations manquant de capitaux suffisants. Bien des explorations ont été commencées, puis abandonnées, sans qu'on puisse conclure que les filons sont inexploitable;

3° Par des compagnies et des sociétés qui ont acheté à bas prix tout ce qu'elles ont pu acquérir, et qui cherchent à vendre à des sociétés nouvelles américaines et étrangères, par portions et à des prix élevés, des filons à peine explorés aux affleurements.

A la pointe de Keweenaw, on doit distinguer deux zones dans lesquelles les filons transversaux sont notablement riches; elles sont séparées par une chaîne con-

tinue de trapp cristallin, traversée par les filons, divisés en plusieurs veines et presque stériles.

Dans la zone du nord, une seule mine est en exploitation, mais n'a pas encore payé de dividendes à ses actionnaires, après avoir dépensé plus d'un million de francs : c'est la mine de Copperfalls. Elle a suivi pour ses travaux un système de longues galeries et de puits, par lesquels elle arrivera bientôt à une production importante. Elle exploite deux filons et une couche de trapp amygdaloïde imprégnée de cuivre.

Dans la zone du sud, plusieurs filons ont été bien explorés, puis abandonnés. Ceux dans lesquels les travaux sont encore en activité présentent de grandes différences : les uns sont peu riches à la surface et en profondeur ; d'autres ont présenté aux affleurements une apparence peu favorable et deviennent beaucoup plus riches en masses de cuivre à mesure qu'on approfondit les travaux ; un seul, celui de Cliff-Mine, s'est montré riche dès la surface, et contient d'énormes masses de cuivre à tous les niveaux explorés jusqu'à présent.

La mine de Cliff a donné des dividendes magnifiques en raison de sa position toute spéciale. Les mines de Southcliff et Northwestern paraissent devoir produire bientôt beaucoup de cuivre et donner des dividendes. Plusieurs filons à peine explorés se présentent sous un aspect assez favorable, et donneront probablement de bons résultats s'ils sont mis en exploitation sérieusement et avec des capitaux convenables.

Dans toutes ces mines le cuivre est à l'état natif ; on trouve également une notable proportion d'argent, soit pur, soit mélangé avec le cuivre, mais il n'a pas encore été produit en quantité suffisante pour donner des bénéfices.

Au sud des *Bohemian-Mountains*, on a fait quelques explorations dans des filons irréguliers, contenant des minerais sulfurés et non plus du cuivre natif. Les travaux sont maintenant abandonnés.

Dans la région du lac Portage, les gisements de cuivre et d'argent natifs sont explorés activement depuis un petit nombre d'années; mais ils ne sont pas encore bien définis.

Dans la contrée d'Ontonagon, les entreprises de mines ont été très-nombreuses et des sommes énormes ont été dépensées. Une seule mine est reconnue très-riche, celle de Minnesota, qui a donné son premier dividende en 1854. Elle n'est pas encore arrivée à produire autant de cuivre que Cliff-Mine, mais une de ses veines contient assez d'argent natif pour qu'on puisse espérer des bénéfices provenant spécialement de ce métal.

Dans son voisinage immédiat, deux ou trois explorations sont commencées et donnent déjà ou paraissent devoir donner prochainement de très-bons résultats.

Les compagnies qui exploitent des filons dans la chaîne du sud, ont fait des dépenses considérables sans produire des quantités notables de cuivre. Les filons sont pauvres à une grande profondeur.

A l'Ile-Royale, on a tenté de nombreuses explorations; deux filons seulement sont exploités, et leur production annuelle ne dépasse pas 40 tonnes de cuivre.

Au nord du lac, dans le Canada, plusieurs filons ont été travaillés; ils contiennent de l'argent natif, des minerais sulfurés de cobalt et de cuivre et de la blende.

Les mines de la pointe de Keweenaw et de la contrée d'Ontonagon ont commencé à produire en 1845, depuis lors les expéditions ont augmenté rapidement d'année en année; cet accroissement deviendra plus marqué à mesure que la population sera plus nom-

breuse, et les communications avec les lacs inférieurs plus faciles et plus assurées.

Tableau de la production des mines de cuivre.

Années	1843	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853
Tonnes de cuivre pur. . .	12	26	214	461	674	574	781	795	1299

En 1854, les mines ont expédié 2,350 de cuivre pur contenu dans les masses et dans les produits de la préparation mécanique. La production dépassera 5,200 tonnes en 1855, et continuera certainement à croître dans une progression plus ou moins forte.

En présence du nombre considérable de filons encore inexplorés, et dont plusieurs pourront donner lieu à des exploitations productives, il n'est pas possible d'assigner une limite à la production du lac Supérieur.

A côté de la production, il convient de placer les dépenses qui ont été faites pour arriver aux résultats obtenus. Depuis le commencement des travaux d'exploration en 1842 jusqu'à la fin de 1853, les mines ont produit 4,836 tonnes de cuivre, dont la valeur peut être évaluée à 11 millions de francs; les dépenses faites dans toute la contrée, dans la même période, dépassent 25 millions.

La grande différence entre les dépenses et les valeurs des produits dépend en partie des tentatives faites dans le principe au hasard et dans la contrée inhabitée. Elle s'explique aisément par la nécessité de tout créer, et d'acquérir la connaissance du mode de gisement des métaux utiles.

En 1854, la valeur produite, 2,350 tonnes de cuivre, représente 6,500,000 francs environ; il m'a été impossible de me rendre compte des dépenses, mais je ne pense pas qu'elles aient été inférieures à sept mil-

lions. Je crois pouvoir affirmer que pendant plusieurs années encore, les dépenses faites dans toute la contrée ne seront pas notablement inférieures à la valeur du cuivre. Il en sera ainsi tant qu'un grand nombre de nouvelles entreprises seront faites pour l'exploration et la mise en exploitation de nouveaux gisements.

On aura longtemps encore un petit nombre de mines favorisées, produisant plus qu'elles ne dépensent, à côté d'un plus grand nombre exploitant à perte ou dépensant pour leurs installations.

Les capitaux américains ne suffisent pas pour donner aux entreprises du lac Supérieur l'activité qu'elles devraient avoir, et les possesseurs de terrains cherchent à former des sociétés en France, en Angleterre et même en Allemagne.

Plusieurs de ces terrains sont dans des positions très-favorables, et les affleurements des filons sont assez beaux pour que les capitaux étrangers aient un intérêt à faciliter les travaux. Ces entreprises doivent être présentées sous leur aspect véritable, comme de simples explorations, qui peuvent conduire à de beaux résultats.

L'intérêt bien évident des Américains qui possèdent des terrains, et qui n'ont pas les capitaux nécessaires pour développer les exploitations, est de s'unir avec les capitalistes étrangers, directement et avec des prétentions modérées. Quand cette vérité aura été bien comprise, de grandes entreprises pourront être tentées dans ces contrées lointaines, avec des espérances raisonnables de réussite.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. VI. *Carte générale du lac Supérieur.*

Pl. VII. *Carte de détail de la pointe de Keweenaw, de l'Ontonagon et de l'Île-Royale.*

Pl. VIII.

Fig. 1. Carte générale des États-Unis d'Amérique.

Fig. 2. Coupe des terrains de la pointe de Keweenaw, passant par la mine de Cliffe.

A, grès horizontal.	mètres.
A', grès incliné, relevé sur le trapp.	14.100
a, banc chloritique.	40
B, trapp cristallin.	5.810
B', trapp compacte, grenu, amygdaloïde.	
b, lit de conglomérat.	
C, greenstone.	700
D, trapp compacte et amygdaloïde.	1.610
E, alternances.	400
F, F, conglomérat.	1.520

Hauteur des points principaux au-dessus du lac :

B.	285 mètres.
C.	201

Fig. 3. Coupe géologique passant par la mine de Copperfalls.

- A, amygdaloïde.
- B, grande zone de conglomérat.
- C, alternances de trapp, de grès et de conglomérat.
- a, Ashbed, banc amygdaloïde imprégné de cuivre.
- b, travaux de la mine de Copperfalls.
- D, zone métallifère du nord.
- E, greenstone.
- F, zone métallifère du sud.

Fig. 4. Coupe du terrain de trapp dans la contrée d'Ontonagon.

A, trapp cristallin et compacte.	mètres.
B, amygdaloïde.	420
C, grès.	310
D, conglomérat.	10
E, trapp compacte.	5
F, grès.	130
G, trapp compacte.	3
H, jaspe et grès.	520
T, conglomérat.	20
K, K, grès.	110

Hauteurs des points principaux au-dessus du niveau du lac :

A.	262 mètres.
E.	200
G.	205

Fig. 5. Coupe verticale de la mine de Cliff, indiquant la disposition des travaux, des puits et des galeries en 1854.

e et de

par la

e:

on

Pl. VII.



Granite.



Jaspé.



Schistes métamorphiques.



Trapp.



Conglomérat.



Grès.



Calcaire magnésien.

Granite.
Jaspe.
Schistes métamorphiques.
Trapp.
Conglomérat.
Grès.
Calcaire magnésien.

Granite.

Jaspe.

Schistes métamorphiques.

Trapp.

Conglomérat.

Grès siliceux inférieur.

*Grès calcaire
 et Calcaire magnésien*

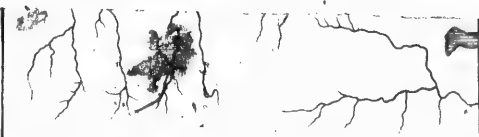
Calcaire du Niagara.

Groupe satin d'Ossendeghe.

Terrain d'ovarien.

A





Lemaître

Voyage au Lac Supérieur

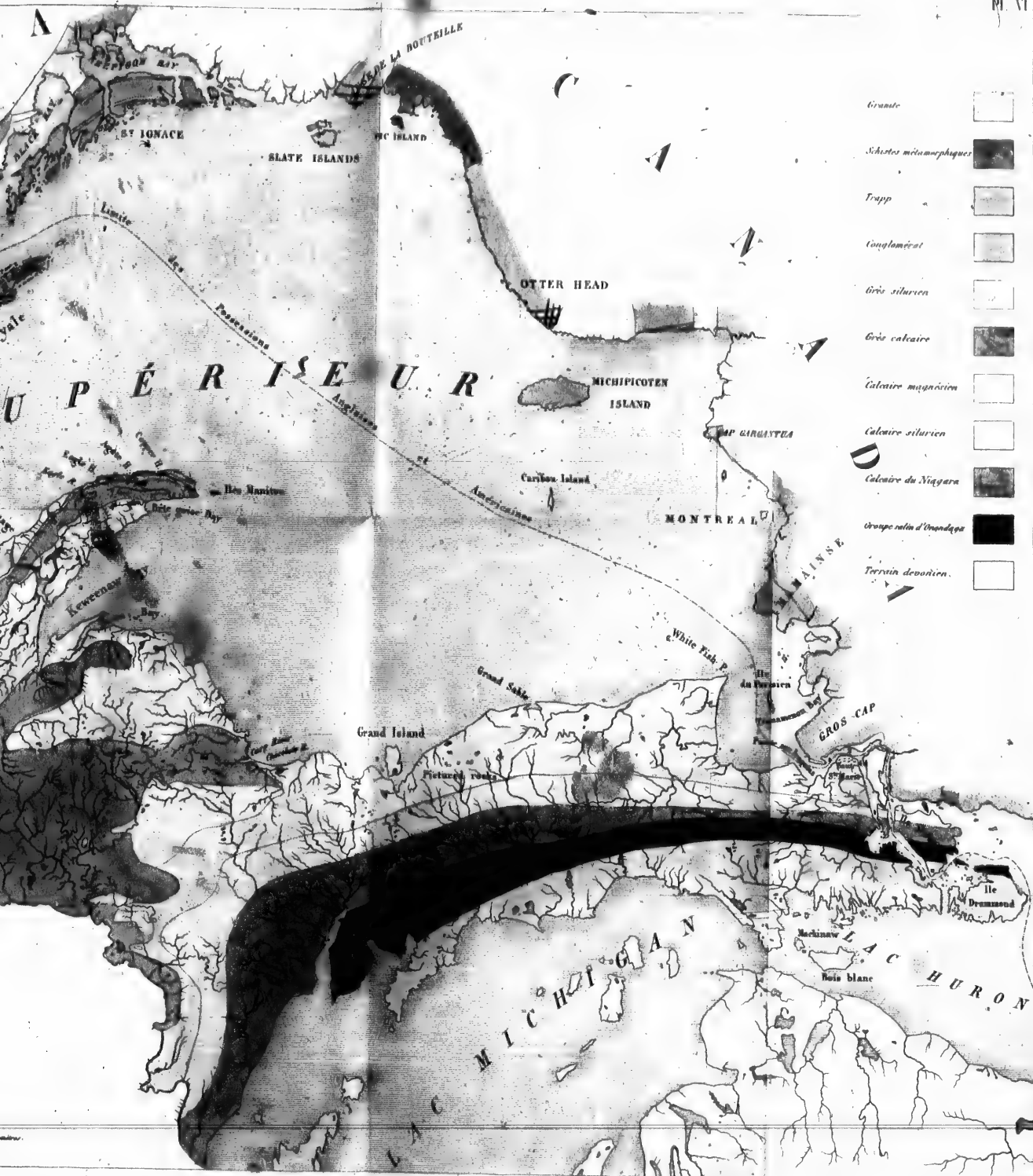


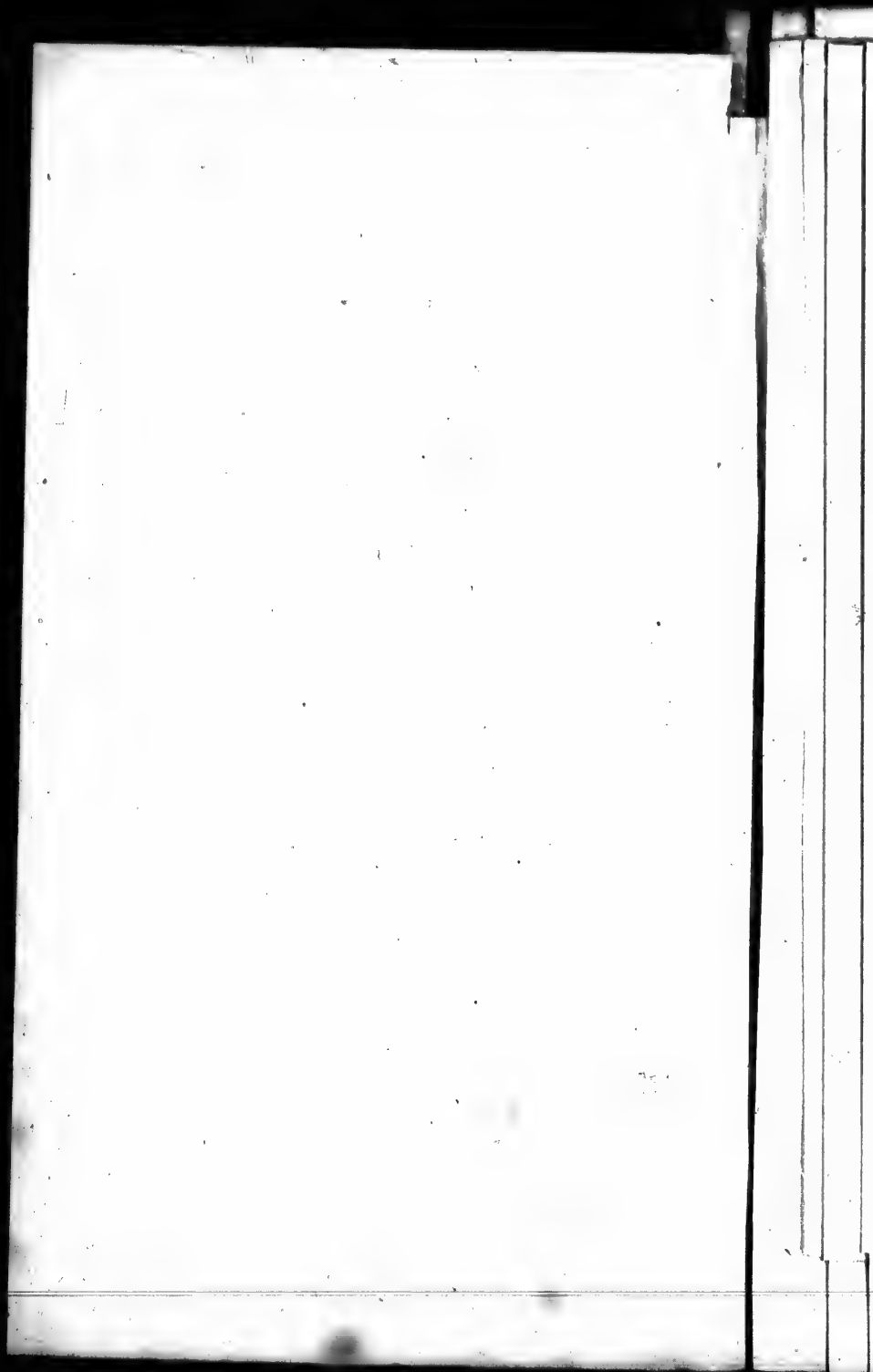
Carte géologique
du
LAC SUPÉRIEUR

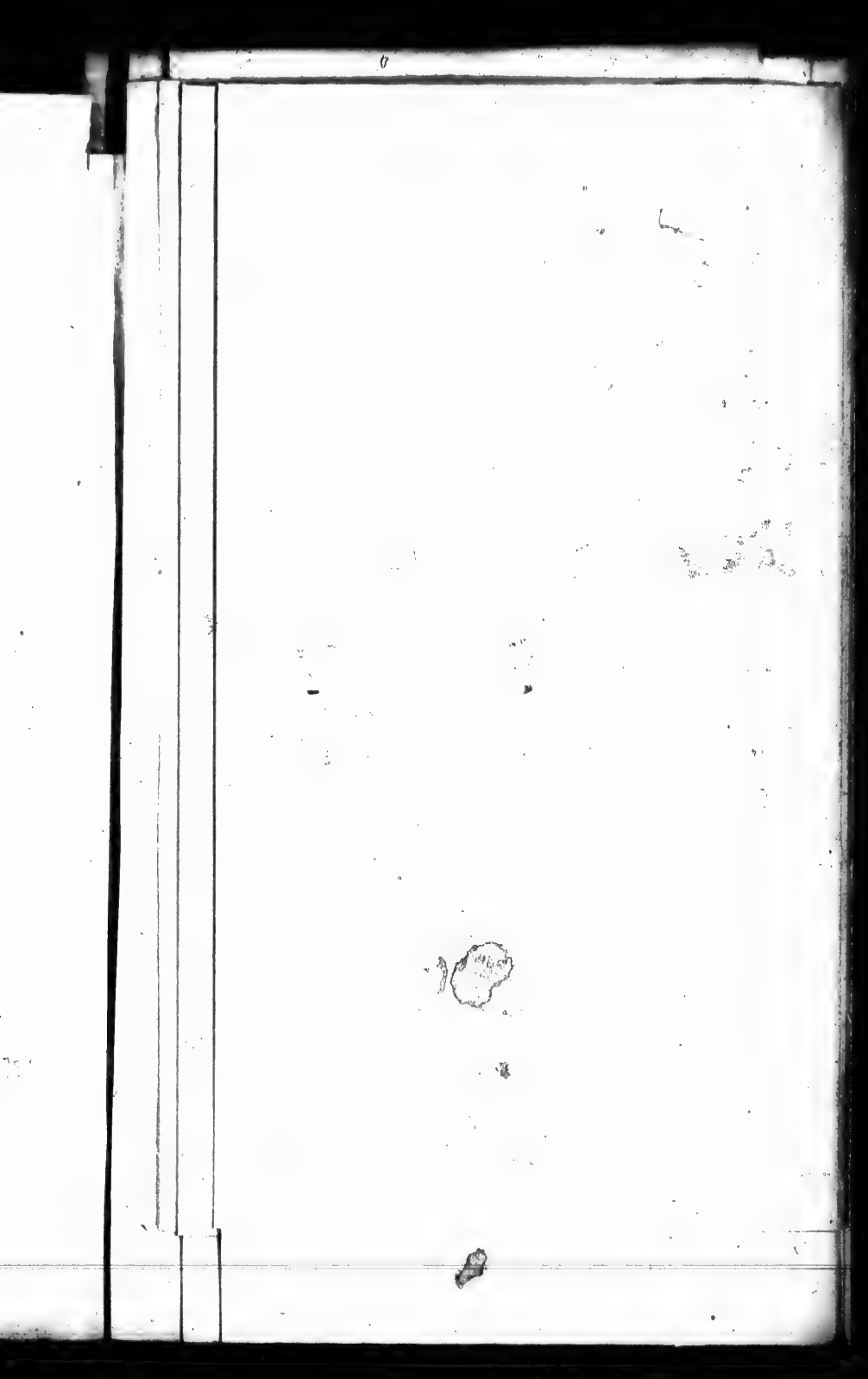
ÉTAT DE MICHIGAN

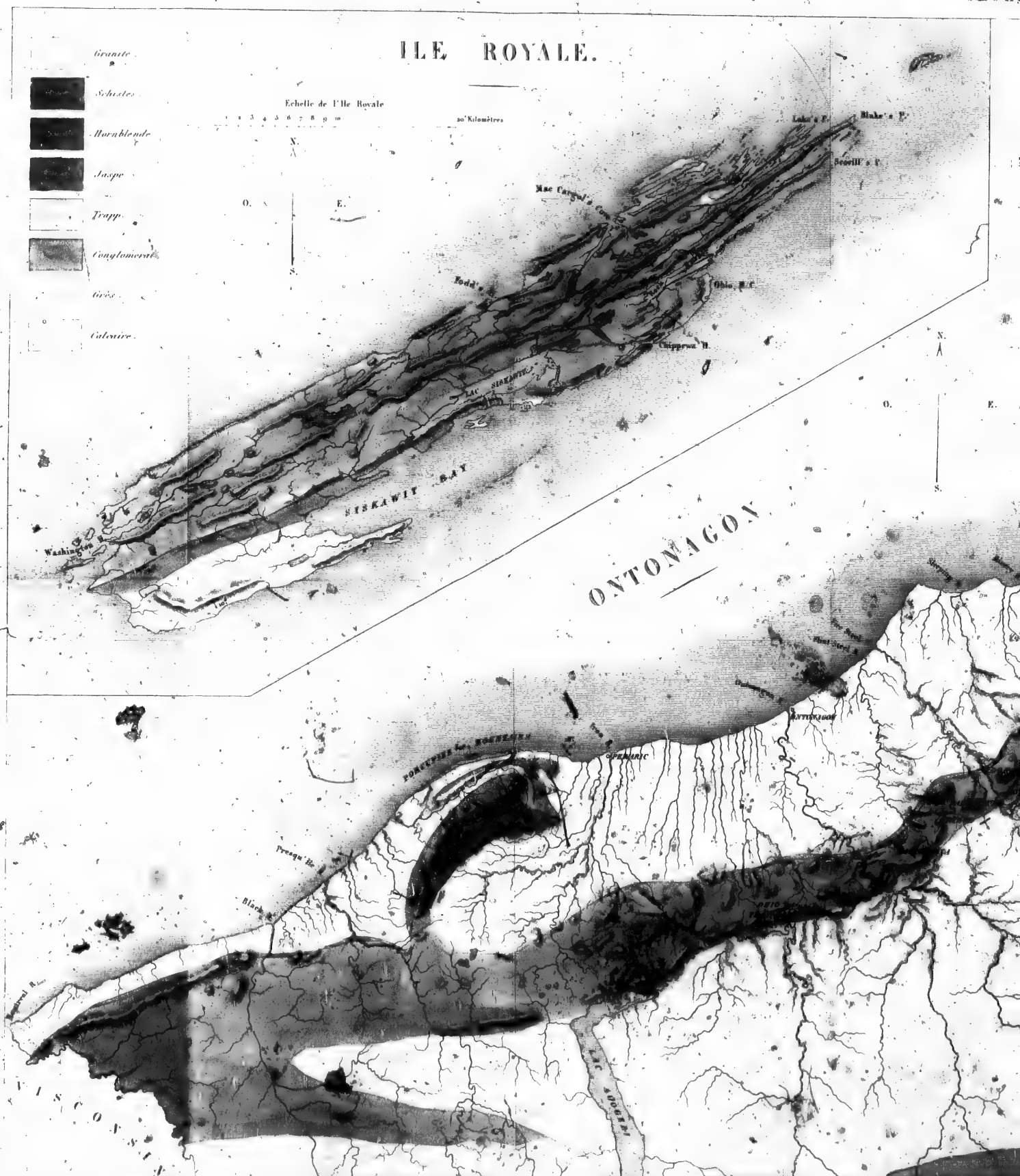
Dessiné par H. C. Foster & L. Whitney
Géologue des États-Unis

Echelle









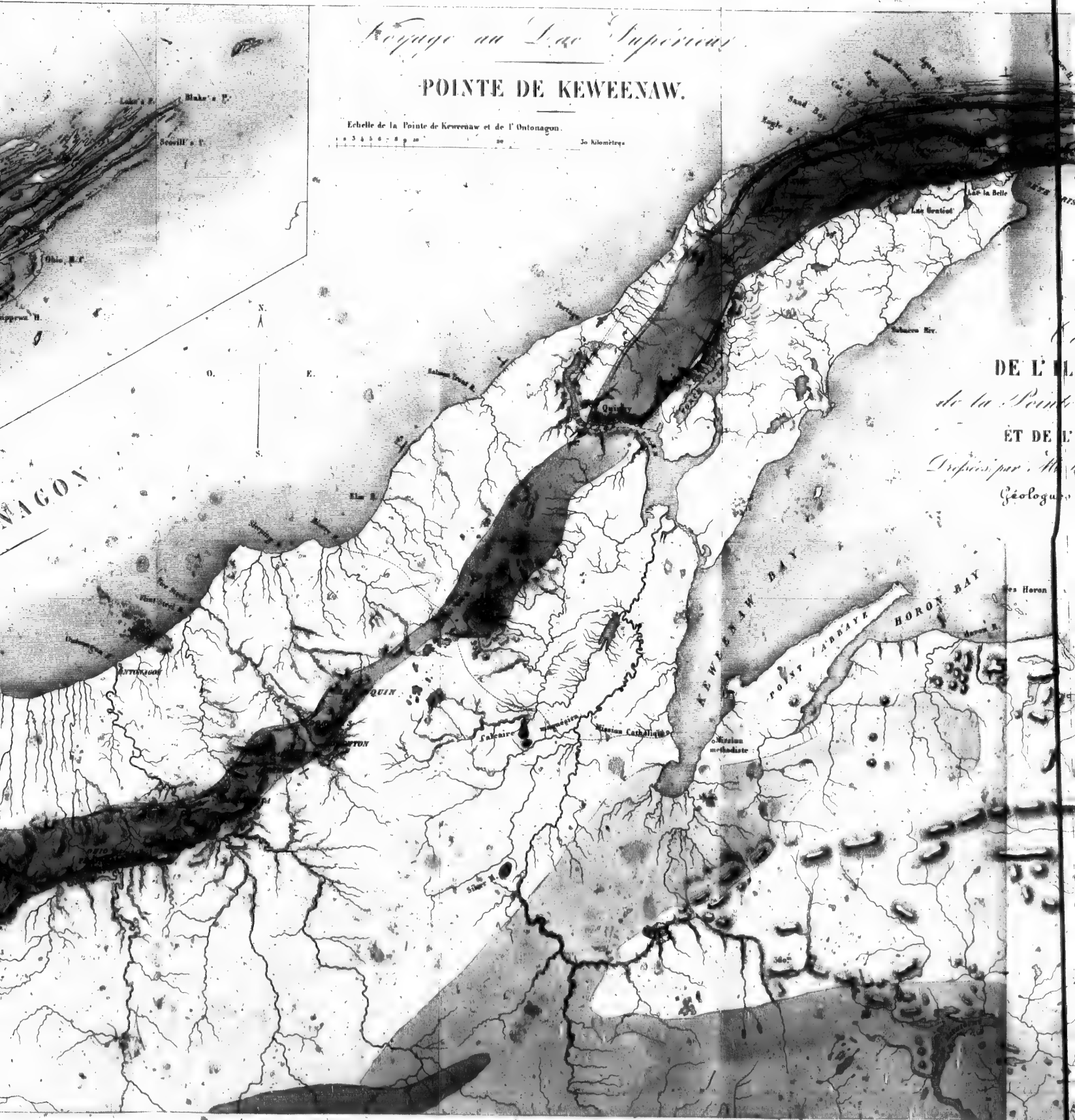
GÉOLOGIE.

Région du Lac Supérieur

POINTE DE KEWEENAW.

Echelle de la Pointe de Keweenaw et de l'Ontonagon.

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
30 Kilomètres



DE L'É

de la Pointe

ET DE L'

Depuis par M.

Géologue

Voyage au Lac Supérieur

POINTE DE KEWEEENAW.

Echelle de la Pointe de Keweenaw et de l'Ontonagon

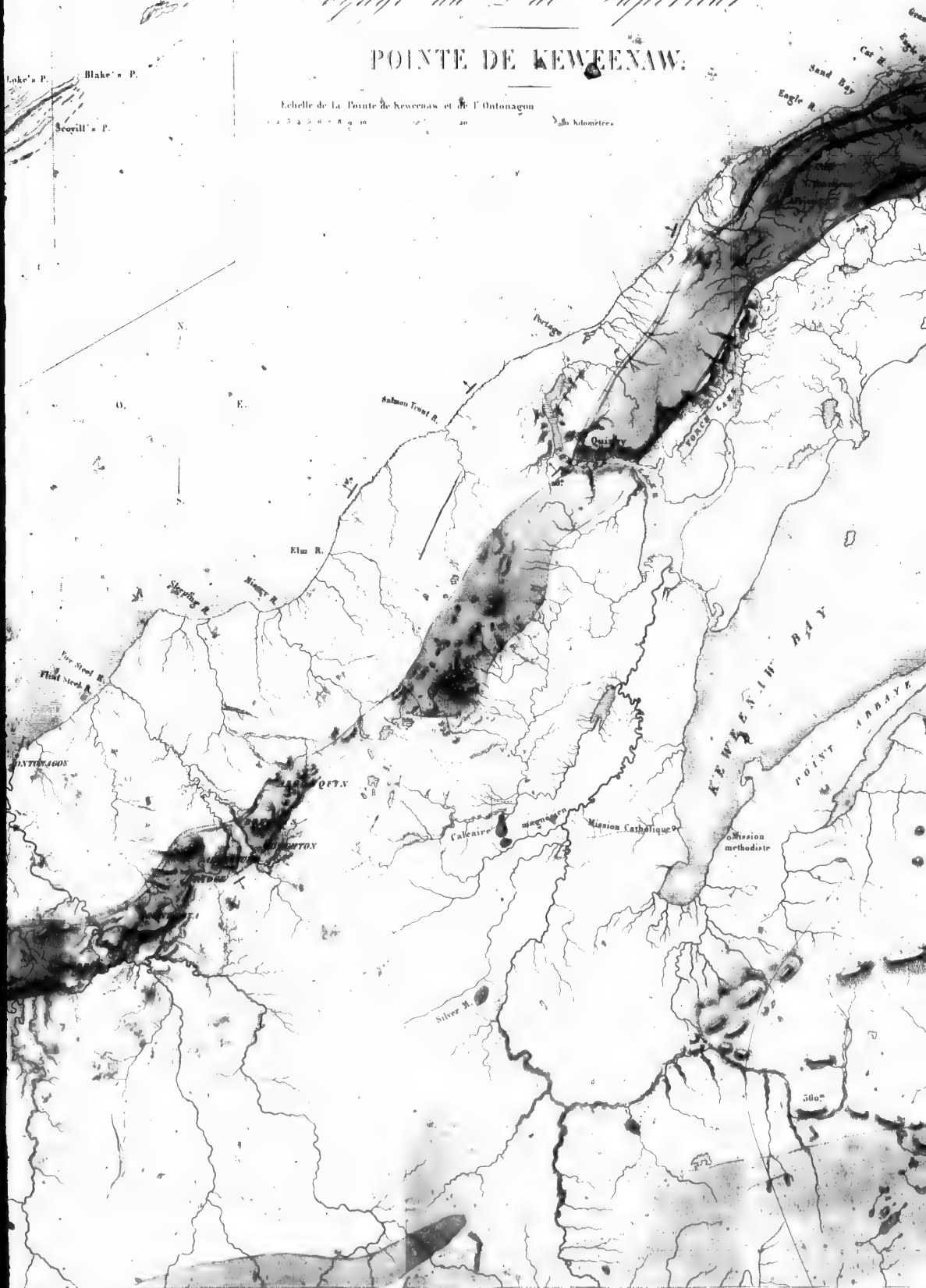
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

20

Des Kilomètres.

Blake's P.
Seavill's P.

Sand Bay
Eagle R.



Antagonism

▷ kilometre

Îles Manitou

de la Pointe de Keweenaw

ET DE L'ONTONAGON

Préparé par: M. M. Foster et Hitchcock
Géologues des Etats Unis

Des Heron

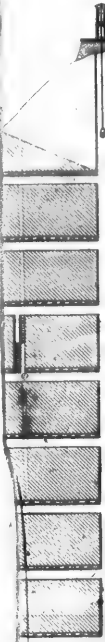
... 凡

Mission Catholique

omission
methodist

U O R

demioctre ex.



de du ter
Minnesota

B C

55°

E
40.9 et 4 de
1000

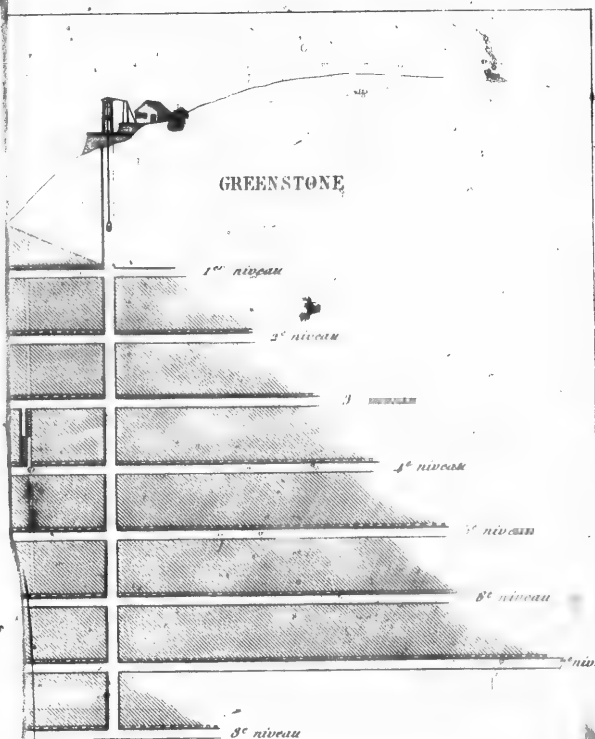


Fig. 4.

Que du terrain de Trapp au pied de la mine de Minicousta.



Lemaître se

Fig. 1.

*Carte générale**Voyage au Lac Supérieur*

Fig. 5.

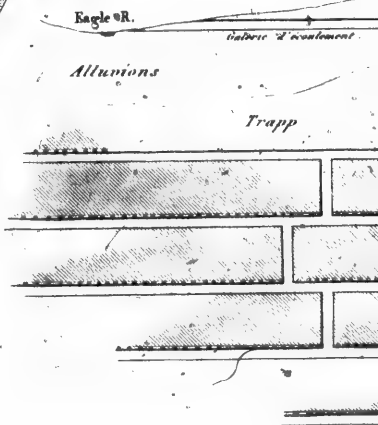


Fig. 2.

Pont de Newcomb. — Coupe passant par la mine de CliffFig. 3. *Coupe géologique passant par la mine de Cliff*

N. 22° O.

L. Supérieur

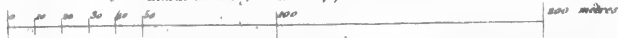
Echelle de la Fig. 5 de 0 à 1000 pour 10 mil

Fig. 5. Coupé des travaux de la mine de Cliff

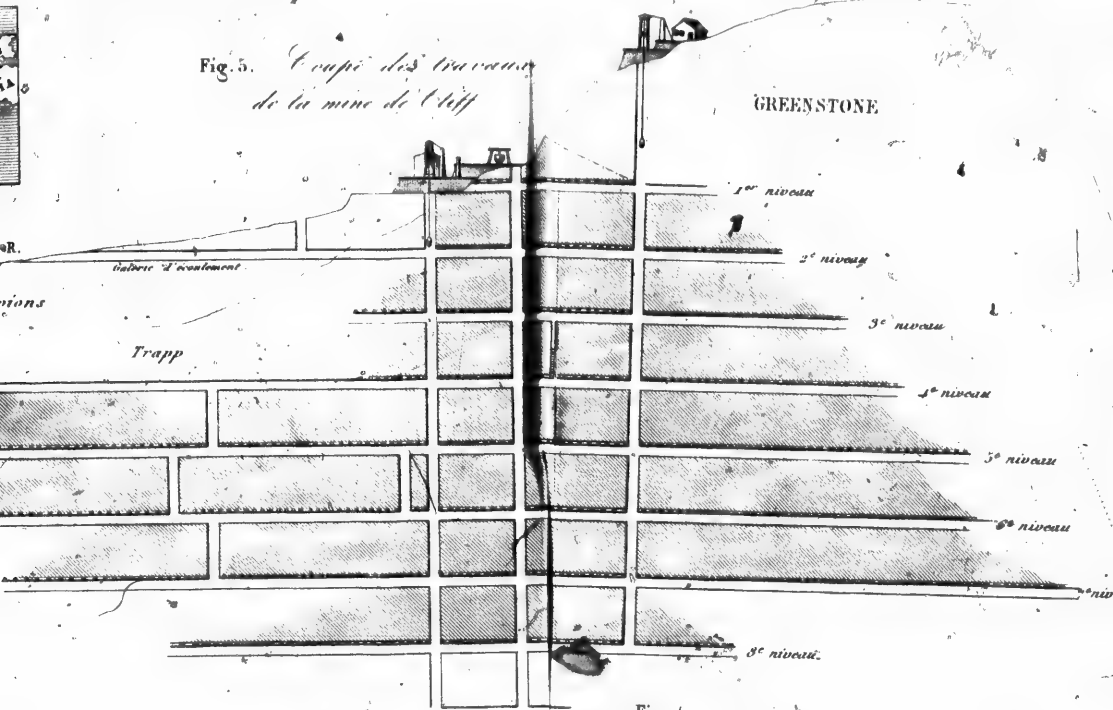
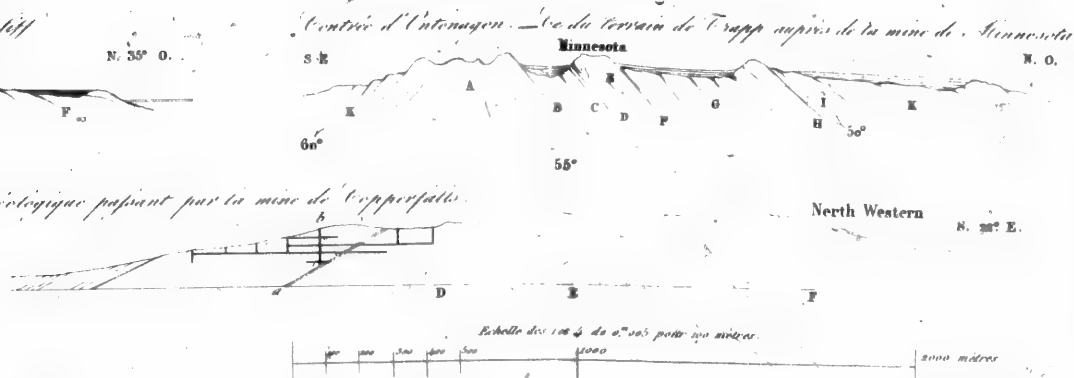


Fig. 4.



face sont tr
rances conçu
tats donnés p
de Forest n'
avenir n'est p

• Toltec.

La concess
au N.-E. de
position, c'e
chaîne centra
qu'elle fait c
penses qui o
surface et po
cette mine à l

On a form
condaires dan
et plongeant v
on le compare
sota, et l'affleu
pied de la mor
les alluvions l

Les deux p
profondeur, e
tion. En direc
élevé sert de g

(1) La route en
mines Toltec, Ad

